

VESIKIERTOISTEN LÄMMITYSTAPOJEN VAIKUTUS BETONIRAKENTEISEN VÄLIPOHJAN TOTEUTUKSEEN

Sampo Rossi

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2012

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) ROSSI, Sampo	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 30.03.2012
	Sivumäärä 49	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VESIKIERTOISTEN LÄMMITYSTAPOJEN VAIKUTUS BETONIRAKENTEISEN VÄLIPOHJAN TOTEUTUKSEEN		
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) HAAPAMAA, Hannu Päätoiminen tuntiopettaja		
Toimeksiantaja(t) VRP Rakennuspalvelut Oy HOLMSTRÖM, Jussi, aluejohtaja		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä vertailtiin kahden erilaisen vesikiertoisen lämmitystavan vaikutusta asuin - huoneistojen välisen betonirakenteisen välipohjan toteutukseen.</p> <p>Tavoitteena oli saada tilaajalle kattava tietopaketti, joka sisältää oleelliset seikat välipohjan toteutuksesta ja niistä asioista, joita tulee ottaa huomioon lämmitystavan vaikutuksesta väli - pohjarakenteisiin ja niiden toteutukseen. Lämmitystapoina opinnäytetyöhön rajattiin patteri - lämmitys ja lattialämmitys.</p> <p>Välipohjien ratkaisuja lähdettiin pohtimaan Suomen rakentamismääräyskokoelman anta - mien määräysten ja ohjeiden avulla. Opinnäytetyössä tutkittiin neljää erilaista määräykset täyttävää välipohjaratkaisua. Ratkaisuihin kaksi oli elementtirakenteista ja kaksi massiiviva - lurakennetta. Kyseisille ratkaisuille laskettiin työaikamenekkejä ja tarkasteltiin niiden kuivu - misaika-arvioita. Välipohjatyön toteutuksesta laadittiin ohjeistus molemmille toteutustavoille. Lisäksi opinnäytetyössä pohdittiin talven vaikutuksia ja huomioon ottamista välipohjatyössä.</p> <p>Välipohjaratkaisuja vertailtiin työaikamenekkien, rakenteiden kuivumisen, työtekniisten seik - kien ja rakenteiden hintojen perusteella. Tulosten valossa massiivivalurakenteet ovat rakentajalle halvempia mutta hitaampia toteuttaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) välipohja, betoni, lämmitystapa, vesikiertoinen, patterilämmitys, lattialämmitys, talvirakentaminen		
Muut tiedot		



Author(s) ROSSI, Sampo	Type of publication Bachelor's / Master's Thesis	Date 30032012
	Pages 49	Language finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title EFFECTS OF THE WATER-BASED HEATING SYSTEM TO THE IMPLEMENTATION OF CONCRETE MIDSOLE		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) HAAPAMAA, Hannu Full-time Senior Lecturer		
Assigned by VRP Rakennuspalvelut Oy HOLMSTRÖM, Jussi, regional manager		
<p>Abstract</p> <p>The Bachelor's Thesis was a comparison how two different types of water-based heating system affect to the implementation of concrete midsole between two different apartments.</p> <p>The main objective was to make a comprehensive information package for the commissioner. The package includes all the relevant facts that should be taken care when a concrete midsole is made for these kinds of heating systems. The Bachelor's Thesis paid attention to radiator heating and floor heating.</p> <p>Midsole solutions were made so that they are approved by the Finnish Building Code legal regulations and guidelines. The Bachelor's Thesis included four different types of midsole solutions. Two of the solutions were for the prefabricated elements and the other two were for the cast-in-situ structures. There are calculations for work-time and drying time for each solution. Bachelor's Thesis included guidelines for both methods of midsole work. There was also some consideration of the winter construction and how it affected to the implementation of midsoles.</p> <p>Comparison between these midsole solutions were made by the calculations of the work-time, drying time, working methods and expenses. According to these studies the cast midsole solutions were cheaper for the builder but slower to implement than the prefabricated midsole solutions.</p>		
Keywords midsole, concrete, heating, water-based, radiator heating, floor heating, winter construction		
Miscellaneous		

Sisällysluettelo

1. OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	3
1.1 Tarve ja tehtävä.....	3
1.2 Toimeksiantaja VRP Rakennuspalvelut Oy.....	3
2. VÄLIPOHJA ASUINRAKENNUKSESSA.....	5
2.1 Välipohjarakenteita koskevat määräykset.....	5
2.2 Välipohjarakenteiden määräysten täyttyminen.....	7
3. VESIKIERTOISET KESKUSLÄMMITYSJÄRJESTELMÄT.....	9
3.1 Vesikiertoisen keskuslämmitysjärjestelmän toiminta.....	9
3.2 Vesikiertoinen patteriverkosto.....	12
3.3 Vesikiertoinen lattialämmitys.....	14
3.4 Lämmitysjärjestelmien eroavaisuudet työn kannalta.....	15
4. VÄLIPOHJARATKAISUT.....	17
4.1 Välipohjaratkaisuiden valinta ja huomioitavat asiat.....	17
4.2 Välipohjan toteutustavan vaikutus työmaan toimintaan.....	18
4.3 Rakenteiden kuivuminen.....	22
4.4 Välipohja VP1.....	26
4.5 Välipohja VP2.....	27
4.6 Välipohja VP3.....	28
4.7 Välipohja VP4.....	29
4.8 Välipohjien työaikamenekit.....	30
5. TALVIRAKENTAMISEN VAIKUTUKSET.....	31
5.1 Talvirakentaminen.....	31
5.2 Talven vaikutus välipohjien toteutukseen.....	32
5.3 Rakenteiden lämmitys.....	32
5.4 Betonointi talvella.....	33
6. VÄLIPOHJARAKENTEIDEN VERTAILU.....	35
6.1 Toteutustavan valinta aikataulujen perusteella.....	35
6.2 Muiden seikkojen vaikutus toteutustapaan.....	36
6.3 Materiaalihintojen vaikutus välipohjarakenteen valintaan.....	38
6.4 Työsuoritteiden vaikutus välipohjarakenteen hintaan.....	40
7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	43
LÄHTEET.....	44

LIITTEET.....	46
Liite 1. Välipohja VP1.....	46
Liite 2. Välipohja VP2.....	47
Liite 3. Välipohja VP3.....	48
Liite 4. Välipohja VP4.....	49

KUVIOT

KUVIO 1. Organisaatiokaavio VRP Rakennuspalvelut Oy.....	4
KUVIO 2. Keskuslämmitysjärjestelmän toimintaperiaate.....	11
KUVIO 3. Vesikiertoisen patteriverkoston toimintaperiaate.....	13
KUVIO 4. Vesikiertoisen lattialämmityksen toimintaperiaate.....	15
KUVIO 5. Kuivumisaikakaavio, BY1021 – Rakenteiden kuivuminen.....	24

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Akustiikkaluokat Standardissa SFS 5907.....	6
TAULUKKO 2. Rakenteiden kuivumisaika-arvioita BY1021-kaavion mukaisesti.....	25
TAULUKKO 3. VP1:den vaatima työaikamenekki.....	26
TAULUKKO 4. VP2:den vaatima työaikamenekki.....	27
TAULUKKO 5. VP3:n vaatima työaikamenekki.....	28
TAULUKKO 6. VP4:n vaatima työaikamenekki.....	29
TAULUKKO 7. Työaikamenekit välipohjaratkaisuille.....	30
TAULUKKO 8. Välipohjien kustannusarvioita.....	42

1. OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Tarve ja tehtävä

Opinnäytetyön lähtökohtana toimi toimeksiantajan kiinnostus kahden erilaisen välipohjarakenteen tuotanto- ja kustannuseroihin. Työlle lisähaastetta antoi näihin välipohjaratkaisuihin yhdistettäessä kohteeseen valittu lämmitysjärjestelmä. Toimeksiantaja halusi selvittää, kuinka myyntiin tulevista kohteista olisi hyvä toteuttaa välipohjaratkaisut laadukkaasti mutta silti mahdollisimman kustannustehokkaasti.

Työssä tutkittiin elementtirakenteisia välipohjia sekä paikallavaluna toteutettuja massiivibetonilaattoja. Työteknisesti nämä kaksi eroavat toisistaan hyvin paljon jo pelkästään työmaan toteuttamisen kannalta. Lämmitysjärjestelmän valinnalla pyritään lähinnä panostamaan kohteen laadun tuntuun ja valitsemaan lämmitysjärjestelmä, joka saataisiin asennettua vaivattomasti muun runkovaiheen lomassa rakennukseen. Toimeksiantaja on toteuttanut välipohjaratkaisuja molemmilla tavoilla ja toivoisi nyt saavansa hyvän tutkimuksen aiheesta, kuinka soveltaa kulloistakin ratkaisua suunniteltuihin kohteisiin.

1.2 Toimeksiantaja VRP Rakennuspalvelut Oy

VRP Rakennuspalvelut Oy on vuonna 1985 perustettu, yksityisomistuksessa oleva rakennusliike, jonka päätoimialueena on Jyväskylä. Toiminta on laajentunut Ouluun 2006 syksyllä perustetun aluetoimiston myötä ja Tampereelle keväällä 2009. Yrityksen liikevaihto on ollut vuosina 2006 – 2010 7,2 – 14,5 miljoonaa euroa, ja yritys on työllistänyt keskimäärin 80 - 100 henkilöä. VRP Rakennuspalvelut Oy on Rakennusteollisuuden keskusliiton jäsenyritys, ja sillä on voimassa Rakentamisen laatu RALArin myöntämä Rakennusyrityksen pätevyystodistus. Todistus on ollut yhtäjaksoisesti voimassa kesäkuusta 1998 lähtien. (Rossi 2011, 2.)

VRP Rakennuspalvelut Oy:n menestyminen tiukasti kilpaillulla alalla perustuu tinkimättömään laatuvastuujatteluun ja jatkuvaan ammattitaidon kehittämiseen asiakkaiden hyväksi.

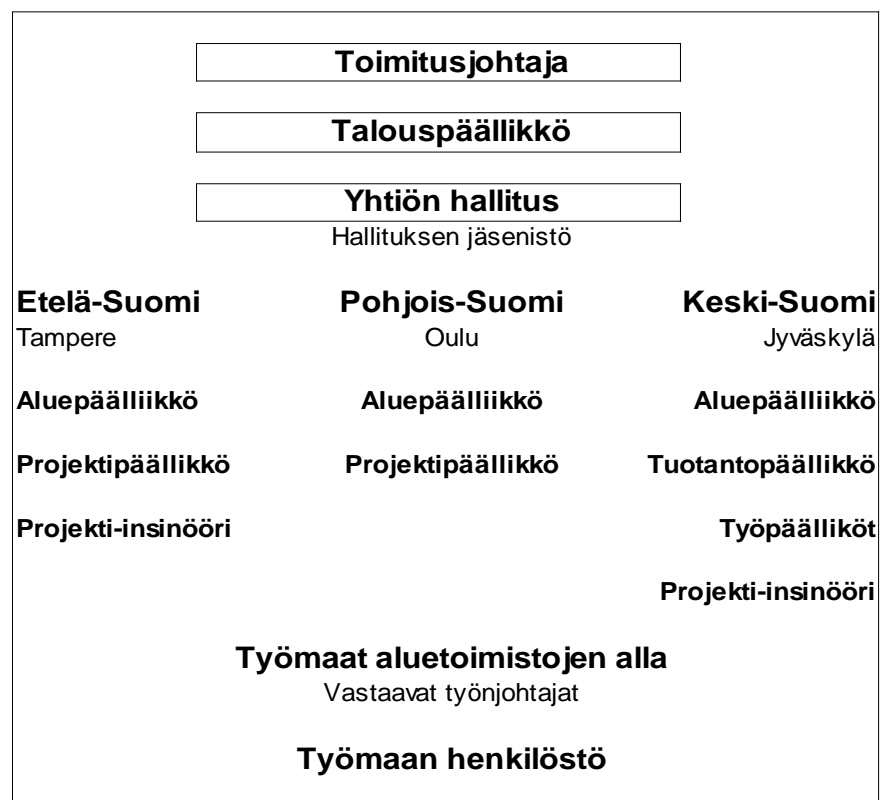
VRP Rakennuspalvelut Oy on erikoistunut

- korjausrakentamiseen
- teollisuus- ja liiketilarakentamiseen
- KVR- urakointiin sekä
- omaan asuntotuotantoon.

Yritystoiminnan peruseriaatteita ovat

- luotettavuus
- asiakaskeskeisyys ja
- joustavuus. (Rossi 2011, 2-3)

Kuviossa 1 VRP Rakennuspalvelut Oy:n organisaatiokaavio.



KUVIO 1. Organisaatiokaavio VRP Rakennuspalvelut Oy

2. VÄLIPOHJA ASUINRAKENNUKSESSA

2.1 Välipohjarakenteita koskevat määräykset

Huoneistojen välinen välipohja toimii aina rakennuksessa sekä ylemmän kerroksen lattiana että alemman kerroksen kattona. Välipohja toimii asuinkerrostalorakennuksessa lähes poikkeuksetta osastoivana rakenteena huoneistojen välillä. Tästä syystä rakennusmääräyskokoelma asettaa tiettyjä vaatimuksia välipohjarakenteiden toteutukseen ääneneristävyyden ja paloluokituksen osalta.

Rakennusmääräyskokoelman osa C1 (RakMK Osa C1 1998) antaa huoneistojen välisille rakenteille ääneneristävyyden osalta seuraavia vaatimuksia:

- Pienin sallittu ilmanääneneristävyytluku R'_w (dB) on vähintään 55 dB
- Suurin sallittu askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ (dB) on enintään 53 dB. (RakMK Osa C1 1998)

Näissä kahdessa luvussa on hyvä muistaa, että ne mittaavat eri asioita ja ne koeistetaan eri tavalla. Ilmanäänieristävyytluku kertoo tason, jonka rakenteen tulee vähintään suodattaa, esim. normaalia puheääntä. Askelääniluku taas kertoo tason, jota suurempaa melua rakenne ei saa päästää lävitseen alempaan kerrokseen, kun ääni kulkee ns. runkoäänenä. Runkoäänen voi synnyttää esim. kävely, esineiden putoaminen lattialle tai huonekalujen siirtely. Askeläänitasolukua mitataan askeläänikojeen avulla. Askeläänikoje tuottaa ääntä rakennuksen välipohjaan iskeytyvien 0,5 kg:n painoisten punnusten avulla, jotka tuottavat runkoon 10 iskua minuutissa. Näiden iskujen tuottama runkoääni tulee vaieta rakenteessa määräysten mukaisesti.

Lisäksi Suomen Standardisoimistoliiton SFS:n standardi SFS 5907 jakaa tilat akustiikkaluokkiin A – D. Luokitus perustuu tilojen askeläänieristävyytlukuun. Luokitus esitelty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Akustiikkaluokat Standardissa SFS 5907

Luokka	A	B	C	D
Askeläänieristävyys luku asuinhuoneistojen välillä	43 dB	49 dB	53 dB	53 dB
Porraskäytävästä asuinhuoneistoon	49 dB	53 dB	63 dB	63 dB

Taulukosta 1 huomataan, että luokka D ei enää täytä nykyisiä määräyksiä, jotka on asetettu RakMk:n osassa C1.

Rakennusmääräyskokoelman osa E1 (RakMK Osa E1 2011) antaa määräyksiä rakenteiden paloluokitukselle kantavuuden (R), eristävyiden (I) ja tiiveyden (E) osalta. Näitä kirjaimia täydennetään lisäksi luvulla (esim. R30), joka kuvastaa, kuinka kauan rakenteen tulee kestää paloa tietyn ominaisuuden kohdalla. Rakenteen paloluokitus määräytyy rakennuksen paloluokan mukaan. Asuinkerrostalojen paloluokkaan vaikuttavat rakennuksen kerrosluku ja kerrosala. Asuinkerrostalot, joissa on 3-8 kerrosta, ovat yleensä paloluokkaa P1. Asuinkerrostalon (palokuorma alle 600 MJ/m²) osastovien rakenteiden tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- kantavien rakenteiden kantavuus R60
- eristävyys ja tiiveys EI60. (RakMK Osa E1 2011)

Lisäksi rakenteiden pinnoitteille annetaan tietyt määräykset paloluokan, savuntuoton ja palavan pisaroinnin osalta. P1-paloluokan kohteissa nämä ovat seinille, katoille ja lattioille luokkaa D-s2,d2. Lattiamateriaalien paloluokitusta voidaan täsmentää myös merkinnällä D_{FL}. D-luokan materiaalit sisältävät myös paljon puutuotteita, joten tavallisimmat lattiapinnoitteet täyttävät nämä vaatimukset hyvin.

Paloluokitus antaa myös lisähaasteita välipohjien läpivienneille, koska ne tulevat aina osaksi osastoivaa rakennetta. Näin ollen läpivientien tulee olla samalla tavalla paloa

eristäviä ja osastoivia kuin itse rakenteenkin. Yleensä läpiviennit tilkitään paloa kestäville massoilla, joiden palonkesto on tutkittu ja hyväksytty käytettäväksi kyseisissä kohteissa.

2.2 Välipohjarakenteiden määräysten täyttyminen

Rakenteen ääneneristävyys perustuu hyvin pitkälti massalakiin, jossa lasketaan rakenteen massa suhteessa pinta-alayksikköön (kg/m^2). Betonirakenteilla on siis betonin tiheyden ansiosta hyvä ääneneristävyys ilmaääntä vastaan. Ilmanäänieristävyyttä vastaan paikallavalurakenteilla ilmanäänieristävyyden vaatimukset on helpompi täyttää kuin elementtirakenteissa, koska jo pienetkin raot vaikuttavat rakenteen ilmaäänieristävyyteen. Esimerkiksi 0,5 millimetrin rako huonontaa rakenteen ilmaäänieristävyyttä 12 dB. Elementtirakentamisessa rakennusten juotosvaluilla ja saumauksilla on siis merkittävää vaikutusta rakenteiden ääneneristävyyteen. (Kylliäinen 2011, 26.)

Myös askeläänieristävyys perustuu rakenteen massa suhteessa pinta-alayksikköön (kg/m^2). Laskennallisessa mallissa laskenta perustuu ns. raakavälipohjan askeläänieristävyyden tutkimiseen ja sen korjaamiseen pinnoitteen parannusvaikutuksella. Raakavälipohjalla tarkoitetaan välipohjan kantavaa rakennetta ilman pinnoitteita. Raakavälipohjan askeläänieristävyytluku saadaan tutkimalla valmiin lattian askeläänieristävyyttä, jota korjataan pinnoitteen parannusarvolla ΔL . Asuinrakentamisessa käytetään pinnoitteita, joiden parannusarvo ΔL on yleensä vähintään 17 dB, mielellään vähintään 18 dB. Pinnoitteen parannusarvo on valmistajilta saatava suure, joka on mitattu laboratorio-olosuhteissa. (Kylliäinen 2011, 57.)

Rakenteiden kuivumisesta, kutistumista ja elämisestä johtuvat sivutiesiirtymät vaikuttavat rakenteiden ääneneristävyyteen. Tästä syystä välipohjaratkaisuissa on hyvä suunnitella kuivumista, kutistumista ja elämistä vastaanottava rakennekerros. Tämä hoituu esim. suodatinkankailla, joilla pyritään laakeroimaan betonirakenne mahdollisimman hyvin sivuttaisia siirtymisiä vastaan.

Betonirakenteissa määräykset täyttyvät, jos välipohjan kantavana rakenteena on vähintään 500 kg/m^2 painava ontelolaatta tai massiivibetonointi. Pinnoitteeksi näissä rat-

kaisuissa kelpaa hyvin ääntä eristävä pinnoite, esim. muovimatto, jonka parannusvaikutus on vähintään 17 dB. Jos kantavana rakenteena käytetään ohuempia ratkaisuja, täytyy niihin sisällyttää askelääntä eristäviä tuotteita.

LVIS-laitteet ovat rakennuksissa välttämättömiä äänilähteitä. RakMk C1 luokittelee tällaisiksi laitteiksi mm. hissit, vesi- ja viemärilaitteet, ilmanvaihtolaitteet ja lämmityslaitteet. Vesi-, viemäri- ja lämmityslaitteiden mahdollisia virtausääniä voidaan vähentää suunnittelemalla niihin tärinäeristystä, jolloin runkoäänen syntyä pyritään heikentämään. Rakennuksen runkoon kiinnitettävät tekniset laitteet tulisi kiinnittää siten, että niiden liikkuminen on estetty. Lisäksi rakenteissa menevien läpivientien suunnitteluun on syytä kiinnittää huomiota, koska putkistoja joudutaan aina viemään äänieristäviksi suunniteltujen rakenteiden lävitse. Näin ollen läpiviennit on suunniteltava siten, että ne eivät heikennä rakenteelle asetettuja äänieristysvaatimuksia. Läpiviennit on tiivistettävä huolellisesti, jotta äänet eivät kantaudu ääntä eristävän rakenteen lävitse tilasta toiseen. (Kylliäinen 2011, 65.)

3. VESIKIERTOISET KESKUSLÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

3.1 Vesikiertoisen keskuslämmitysjärjestelmän toiminta

Työssä tutkittiin kahta erilaista vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Ensimmäisenä oli perinteinen patteriverkostolla varustettu asuinhuoneisto. Toisena vaihtoehtona työssä perehdyttiin vesikiertoiseen lattialämmitykseen. Nämä kaksi lämmitysjärjestelmää eroavat toteutukseltaan hyvin paljon toisistaan, ja valittu ratkaisu täytyy ottaa huomioon rakennusprojektissa heti kohdetta suunniteltaessa. Patterilämmitystä on pidetty perinteisenä ja hyvin toimivana ratkaisuna jo pitkään. Vesikiertoista lattialämmitystä on sen sijaan ruvettu käyttämään vasta myöhemmin asuinhuoneistojen pääasiallisena lämmönlähteenä. Molemmilla lämmitysmuodoilla on varmasti hyvät ja huonot puolensa, mutta työssä perehdyttiin nyt lähinnä rakennusteknisten toteutusten eroavaisuuksiin ja ominaisuuksiin.

Vesikiertoinen keskuslämmitysjärjestelmä koostuu pääasiassa kolmesta pääosasta:

- lämmöntuotanto
- lämmönjakelu/-siirto
- lämmönluovuttimet. (Seppänen & Seppänen 1997, 115.)

Vesikiertoisessa keskuslämmitysjärjestelmässä lämmöntuotantotapana voi toimia usea eri lämmönlähde. Lämmöntuottotavan valintaan vaikuttavat kohteen sijainti, saatavilla olevat lämmitysmuodot, viranomaismääräykset sekä taloudellisuus. Järjestelmän suunnittelussa tulee ottaa huomioon sisäilmastovaatimukset, putkien huolto- ja tarkastusmahdollisuus sekä äänitekniset ominaisuudet. Lämmöntuotantotapana voi toimia lämmitysjärjestelmästä riippumatta

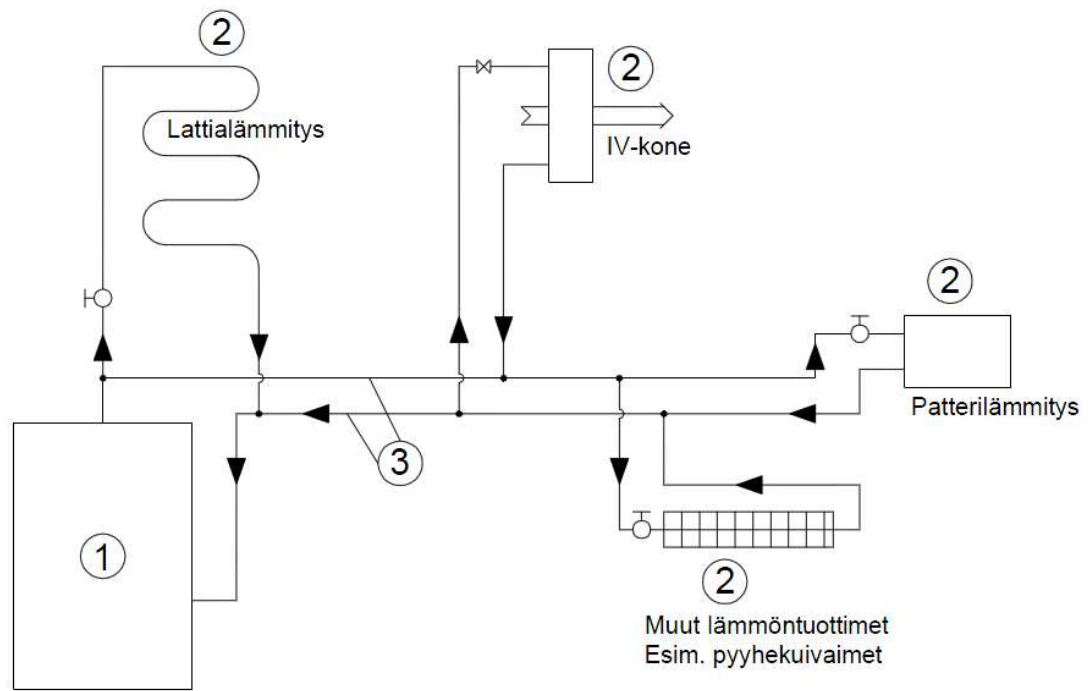
- öljy
- kaasu/maakaasu
- maalämpö

- kaukolämpö
- kiinteä polttoaine
- sähkö
- aurinkoenergia (pienemmissä kohteissa).

Lämmönjakeluverkosto koostuu runkolinjoista ja huonekohtaisista sivuhaaroista. Putket ovat joko terästä, kuparia tai muovia ja yleensä lämpöeristettyjä suurelta osin matkaa lämmönluovuttimille saakka. Huoneistoissa sijaitsevat lämmönluovuttimet luovuttavat lämmöntuotannossa syntyneen lämmön jakeluverkoston kautta huonetilaan. Lämmönluovuttimina voi toimia useita erilaisia ratkaisuja, yleisimmät ovat ns. radiaattorit, jotka sijoitetaan huoneistojen seinille ikkunoiden alle. Vesikiertoisessa lattialämmitysjärjestelmässä radiaattoreina toimivat lattiaan asennetut putket. Veden virtaus verkostossa saadaan aikaiseksi kiertovesipumpun avulla. Veden lämpötilaerosta johtuva veden tiheyden muutos saa myös aikaan veden kiertoa järjestelmässä. Aikaisemmin vesikiertoiset järjestelmät toteutettiin pelkästään painovoimaisesti, mutta pumppujärjestelmän taloudellisuus, joustavuus ja varmatoimisuus sekä tekniikan kehittyminen on tehnyt pumppujärjestelmästä nykyaikaisemman vaihtoehdon. (Seppänen & Seppänen 1997, 116.)

Vesikiertoisen keskuslämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston tarkoituksena on viedä lämmöntarpeen mukainen lämpömäärä huoneistoihin mahdollisimman mutkattomasti. Tarvittava lämpömäärä saadaan laskettua kohteisiin mm. lämpöhäviöiden, ilmavuotojen ja ilmanvaihdon avulla. Lämmönluovuttimien tarkoitus on luovuttaa veden putkissa kuljettama lämpö huoneistoihin, joissa se lämmittää huonetilat niille säädettyjen arvojen mukaisesti. (Seppänen & Seppänen 1997, 116.)

Keskuslämmitysjärjestelmän toiminta on esitetty kuviossa 2.



Vesikiertoisen keskuslämmitysjärjestelmän osat:

- 1) Lämmöntuotanto
- 2) Lämmön luovuttimet, erilaisia ratkaisuja
- 3) Jakeluverkosto

◀ Veden suuntaus

⊗ Säätöventtiili

KUVIO 2. Keskuslämmitysjärjestelmän toimintaperiaate

(Vrt. Seppänen & Seppänen 1997, 115.)

3.2 Vesikiertoinen patteriverkosto

Vesikiertoisessa patterilämmityksessä lämpö tuotetaan valitun tuotantotavan mukaisesti. Lämpö tuotetaan joko rakennuksessa sijaitsevassa lämpökeskuksessa tai sitten se tuodaan suoraan rakennuksen lämmönjakokeskukseen, josta se hajautetaan suunnitelmien mukaisesti rakennukseen.

Pääasiassa kaikissa vesikiertoisissa patterijärjestelmissä rakennukseen tulee yksi nousulinja lämpökeskukselta, jolta patteriverkosto hajautetaan kerroksittain huoneistoihin tuottamaan lämpöä. Tarvittaessa kerrokseen asennetaan jakotukit helpottamaan järjestelmän säätöä, toteutusta, tarkastusta ja huoltoa. Huoneistoihin pattereille menevät putkistot voidaan toteuttaa ylä- tai alajakoisena. Yläjakoisessa putkituksessa patteriverkoston putket sijoitetaan piiloon laskettuun kattoon, jolloin näkyviin jäävät vain pattereille laskevat putket. Alajakoisessa putkituksessa pattereille tulevat putket sijoitetaan pattereiden alapuolelle joko näkyviin tai piiloon. Putket voidaan sijoittaa piiloon erilaisilla listoituksilla, lattiakanaaliin tai itse lattiarakenteeseen. Jos putkisto sijoitetaan lattiarakenteeseen, se täytyy sijoittaa asennusputkeen, jotta putkisto on uusittavissa mahdollisia vaurioita silmällä pitäen. Alajakoinen putkitus voidaan tehdä myös läpiviennein alapuolisesta huoneistosta. Tällöin putkitus tuodaan välipohjarakenteen alapinnassa piilossa ja tuodaan pattereille välipohjarakenteen lävitse läpivientien avulla. Tällöin täytyy huolehtia läpivientien huolellisesta suunnittelusta ääneneristävyyden takia. Lämmönluovuttimena eli radiaattoreina toimivat huoneistojen seinille asennettavat patterit. (RT 52-10797 2003.)

Vesikiertoisen patteriverkoston ohjenuorana toimii idea, että patteriverkostossa käytetään optimilämpötiloja tasaisen lämmityksen takaamiseksi. Tällä huolehditaan siitä, että lämpöhäviöt pysyvät mahdollisimman pieninä koko verkostossa ja pattereiden pintalämpötilat eivät ole polttavia käyttäjien läheisyydessä. (RT 52-10797 2003.)

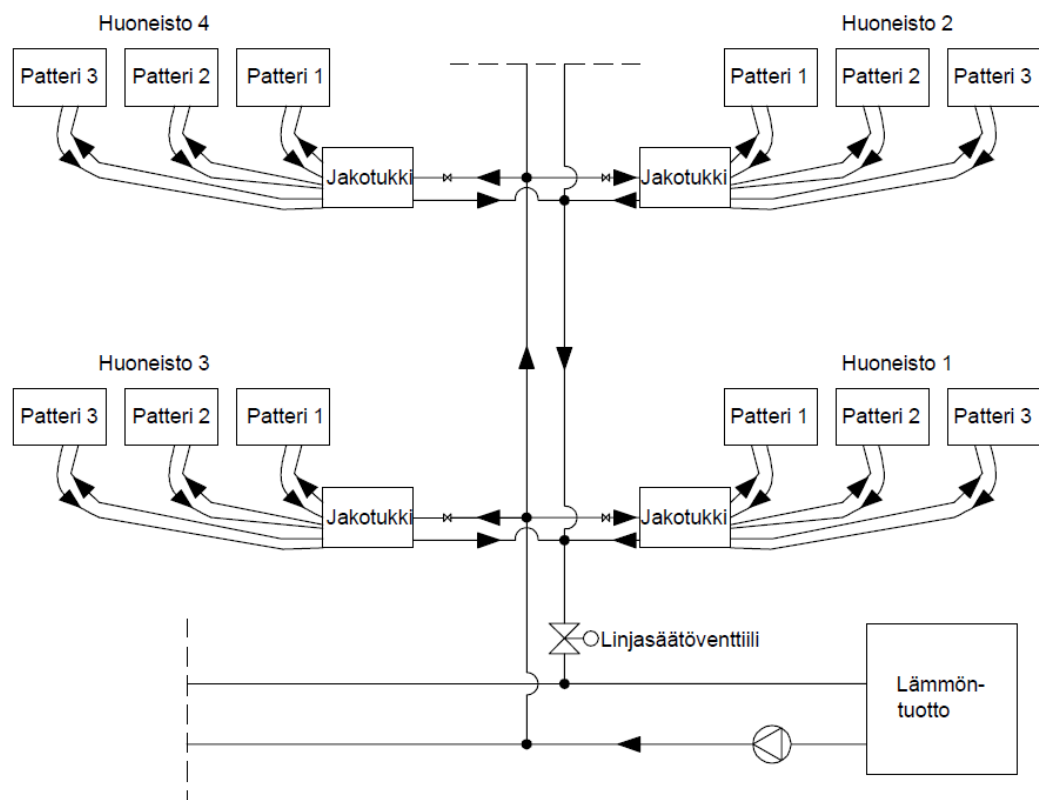
Vesikiertoisen patteriverkoston lämmönjakotavan voi toteuttaa pääasiassa kolmella eri tavalla

- yksiputkijärjestelmä

- kaksiputkijärjestelmä
- käännetty paluuputkijärjestelmä. (RT 52-10797 2003.)

Näitä vaihtoehtoja voi myös yhdistää, esim. runkolinja toteutetaan kaksiputkijärjestelmänä mutta huonekohtainen lämmitys toteutetaan yksiputkijärjestelmänä. Patterit asennetaan huoneistojen seinille huoneistojen vaatimusten täyttämien mitoitusohjeiden mukaisesti. Pattereiden sijoituksessa tulee huomioida mm. pattereiden huolto ja tarkastettavuus, ilmankiertävyys pattereiden ympärillä sekä pattereiden haittaamattomuus asunnossa. Vesikiertoinen patterilämmitys suunnitellaan ja mitoitetaan aina kohdekohtaisesti. (RT 52-10797 2003.)

Vesikiertoisen patteriverkoston toimintaperiaate esitetty kuviossa 3. Kuviossa järjestelmä on toteutettu asuntokohtaisella jakotukkiputkijärjestelmällä ja kaksijakoisella putkituksella.



KUVIO 3. Vesikiertoisen patteriverkoston toimintaperiaate

(Vrt. Seppänen & Seppänen 1997, 117.)

3.3 Vesikiertoinen lattialämmitys

Vesikiertoisen lattialämmityksen toimintaperiaate on hyvin samankaltainen kuin patteriverkostolla toimivan lämmitysjärjestelmän. Lämpö tuotetaan rakennuksen lämpökeskuksessa tai rakennukseen tuotu lämpö jaetaan lämmönjakeluverkostoon lämmönjakohuoneessa.

Lämmönjakohuoneesta lämpö viedään rakennuksen runkolinjaan, josta lämpö jaetaan kerroksittain jakotukeilta huoneistoihin. Lattialämmitysjärjestelmä varustetaan aina jakotukeilla. Jakotukit mahdollistavat järjestelmän huoneistokohtaisen toiminnan ja tarkemmat säätömahdollisuudet järjestelmän toimivuuden takaamiseksi mitoituksia vastaavaksi. Jakotukilta huoneistoihin putkiston kautta jaettu lämpö siirretään huonetilaan lattiaan asennetun putkiston avulla. Vesikiertoinen lattialämmitys soveltuu hyvin lähes kaikenlaisiin rakennuksiin ja lattiarakenteisiin. Vesikiertoisen lattialämmityksen ongelmana on vedon tuntu ikkunoiden läheisyydessä. Tämä johtuu siitä, että kaikki lämpö, minkä lattialämmitys tuottaa, tulee vain lattian tasosta. Tämä ongelma on helposti ratkaistavissa, kun kiinnitetään huomiota ikkunoiden lämmöneristävyyteen ja korvausilman riittävään lämpötilaan. (RT 52-10801 2003.)

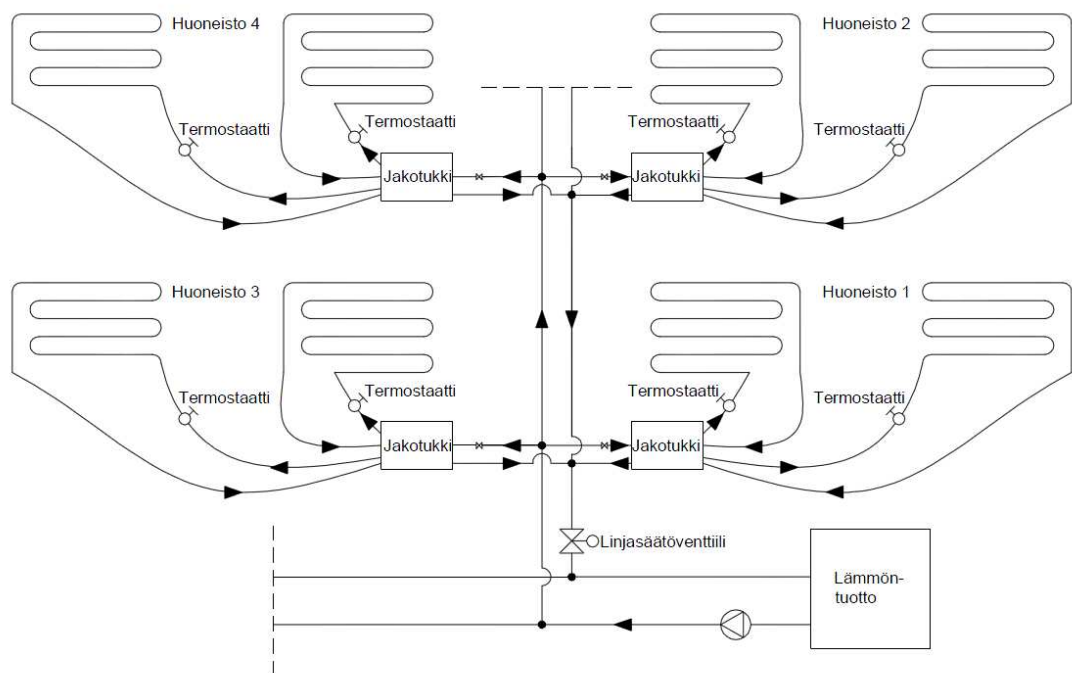
Lattialämmityksen suurena etuna on se, että sen voi pinnoittaa lähes millä tahansa pinnoitteella, kunhan sen yhteensopivuus lattialämmityksen kanssa varmistetaan.

Lattialämmityksessä jokainen huoneisto varustetaan omalla putkistolla, joka viedään huoneistoon jakotukilta. Näin ollen jokainen huoneisto muodostaa oman lämmityspiirin ja jokainen voi säädellä lämpötilaa oman mieltymyksensä mukaisesti.

Lattialämmityksen putkistot asennetaan huoneisiin joko spiraaliasennuksena tai rivi-asennuksena. Reuna-alueilla putkistot asennetaan tiuhempaan kuin huoneen keskellä tasaisen lämpötilan takaamiseksi. (RT 52-10801 2003.)

Huoneistoihin asennetaan termostaatit, joista voidaan ohjailta jakotukilta lähtevää vesivirtaa ja lämmitystehoa halutun mukaiseksi. Lattialämmitys toimii usein myös ns. mukavuuslämmittimenä kesäaikana esim. kylmillä laatta- ja betonipinnoilla, kun taas talviaikana se vastaa koko tilan lämmityksestä normaalisti. (RT 52-10801 2003.)

Vesikiertoisen lattialämmitysjärjestelmän toimintaperiaate esitetty kuviossa 4.



KUVIO 4. Vesikiertoisen lattialämmityksen toimintaperiaate

3.4 Lämmitysjärjestelmien eroavaisuudet työn kannalta

Vesikiertoinen patteriverkosto voidaan toteuttaa rakennukseen välipohjarakenteesta välittämättä. Tämä vaatii suunnittelulta sen, että patteriverkosto toteutetaan yläjakoisella putkituksella, jolloin välipohjan rakenteeseen ei tule ylimääräisiä asennusputkia patteriverkoston takia.

Lattialämmityksen vaikutus välipohjarakenteisiin täytyy ottaa huomioon jo kohteen rakenteita mietittäessä. Lattialämmityksen asentaminen kasvattaa välipohjarakenteen paksuutta ja lisää työmäärää asennusvaiheessa eristekerroksen ja lattialämmityspotkiston asennuksen takia. Betonirakenteisessa välipohjassa lattialämmitys asennetaan pintavaluun oman raudoituksen ja/tai tuennan päälle. Putkistot tulee kiinnittää huolellisesti, jotta ne eivät pääse valutyön aikana liikkumaan suunnitellusta asennuspaikasta. Betonirakenteissa putket sijoitetaan noin 40 millimetrin syvyyteen lattian pinnasta putken keskelle mitattuna.

Lisäksi täytyy ottaa huomioon, että lattialämmityksellisiä välipohjia tehtäessä lattialämmityksestä vastaavan urakoitsijan tulee asentaa tarvittavat putkistot ennen pintavalujen suorittamista. Patteriverkoston LVI-urakoitsija voi taas asentaa välipohjatyön työvaiheista huolimatta, mikäli kohteeseen ei tule alajakoista putkitusta.

Molempia lämmitysmuotoja voidaan käyttää työnaikaisena lämmityksenä. Lattialämmityksen etuna tässä on se, että sen likaamista tai turmeltumista ei juurikaan tarvitse pelätä. Lisäksi lattialämmitys edesauttaa betonivalujen kokonaisvaltaista kuivumista paremmin kuin patterilämmitys, joka kuivattaa rakennetta vain pintapuolisesti. Pattereilla lämmittäessä täytyy pattereita varoa työn aikana, ja mahdollisesti irrotella tasote- ja/tai maalaustöiden edeltä.

Rakenteiden paksuus aiheuttaa myös välipohjatyölle lisäkustannuksia materiaali- ja työmenekkien kautta. Paksumpi laatta tai pintabetonointi aiheuttaa kasvua betonin menekissä, joka lisää rakenteelle laskettavia kustannuksia. Rakenteen paksuus aiheuttaa myös julkisivun pinta-alan kasvua, koska asuinhuoneistoille suunniteltava huonekorkeus on yleensä lyöty lukkoon jo suunnitteluvaiheessa. Julkisivun pinta-alan kasvu merkitsee myös materiaalien menekkien kasvua ja laajempi julkisivu teettää myös lisätyötä.

4. VÄLIPOHJARATKAISUT

4.1 Välipohjaratkaisuiden valinta ja huomioitavat asiat

Työssä päädyttiin tutkimaan neljää erilaista määräykset täyttävää välipohjaratkaisua. Kaksi ratkaisusta oli elementtivälipohjia ja kaksi paikalla valettuja. Kummallekin lämmitysjärjestelmälle mietittiin omanlaisensa ratkaisu elementti- ja paikallavaluvälipohjaksi. Valituissa rakenteissa otettiin huomioon lämmitysjärjestelmien vaatimia piirteitä.

Välipohjaratkaisuille laskettiin työaikamenekit RaTu Talonrakennusteollisuus ry:n Rakennustöiden menekit 2010-oppaan mukaan. Paikallavalukohteissa työaikamenekit laskettiin lautamuottityön, kasettimuottityön ja pöytämuottityön työaikamenekeillä.

Lattialämmitteisille kohteille mietittyjen välipohjien työaikamenekeissä on otettu huomioon lattialämmityspotkiston asennustyö, koska se on oleellinen osa välipohjan toteutuksessa huomioitavaa työaikaa. Patterilämmitteisille kohteille laskelmiin laskettiin erikseen työaika ylä- tai alajakoista putkitusta varten. Patterilämmittimien asennustyöaika jätettiin kuitenkin pois, koska se ei ole osa välipohjatyötä. Näin laskelmista pyrittiin tekemään mahdollisimman vertailukelpoisia.

Välipohjarakenteiden työaikamenekkeihin ei ole laskettu työaikaa varsinaiselle pinnoittele, koska ratkaisuissa pinnoite on vapaavalintainen. Työaikamenekeissä ei myöskään otettu huomioon kohteen laajuutta, koska kaikki menekit laskettiin yhden neliömetrin kokoiselle alalle.

Ontelolaattavälipohjissa on käytetty valmistajien suosittamana pintabetonoinnin paksuutena 80 millimetriä ontelolaattojen mahdollisen kaarevuuden takia. Lisäksi lattialämmityspotkiston vaatima 40 millimetrin asennussyvyys putken keskelle mitattuna saadaan näin täyttymään.

Jotta rakenteille voisi tehdä vertailua kohteiden runkoajan perusteella, arvioitiin myös rakenteiden kuivumista. Kuivumista arvioitiin BY1021 Kuivumisen laskenta–excel-kaavion avulla.

Välipohjarakenteet liitteinä 1 – 4.

4.2 Välipohjan toteutustavan vaikutus työmaan toimintaan

Välipohjarakenteesta riippuen työmaan tulee valmistautua jo työmaan suunnittelua mietittäessä kummalla tavalla välipohjat toteutetaan. Kummallakin työskentelytavalla on erilaiset vaikutukset esim. työmaan logistiikkaa ja varastointialueita mietittäessä.

Elementtikohteen työmaan suunnittelua ohjaa hyvin paljon valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta. Asetus vaatii kiinnittämään erityistä huomiota elementtityössä seuraaviin asioihin:

- elementtien vastaanotto- ja varastointipaikat
- nostureiden ja nostopaikkojen sijoitukset
- nostureiden nostosäteet ja -kapasiteetit
- elementtien siirto- ja kuljetustiet ja niiden risteämät työmaa- ja henkilöliikenteeseen
- henkilönostolaitteiden sijoitukset sekä kulku- ja nousutiet. (Vna 578/2003 2003.)

Nämä asiat ovat pääurakoitsijan vastuulla. Asioiden ollessa kunnossa elementtityötä voidaan tehdä turvallisesti työmaalla. Asiat tulee huomioida kohteen työmaasuunnitelua tehdessä. (Vna 578/2003 2003.)

Elementtikohteissa nostotöillä on yleensä suuri merkitys koko työmaan turvallisuutta ajatellen. Nostotöiden turvallisuutta voidaan parantaa mitoittamalla kalusto oikein ja

sijoittamalla se oikeaan paikkaan nostotyötä ajatellen. Nostokone vaatii aina oman tilansa työmaalla, joten työmaalla täytyy varata tilaa nostokoneen toimintaan. Nostoja saadaan vähennettyä, jos elementit voidaan asentaa suoraan kuormasta paikalleen. Tämä vaatii tarkempaa aikataulullista suunnittelua runkovaiheen osalta ja sen sovittamista yhteen elementtien toimitusten kanssa. Jos nostolaite ei ole kokopäiväisesti työmaalla, täytyy sen saatavuudesta varmistua, jotta elementit saadaan turvallisesti ja mahdollisimman vähin nostoin paikalleen.

Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta vaatii kirjallisen elementtiasennussuunnitelman työmaalle. Asennussuunnitelmassa tulee ilmi mm. elementtien tyypit, tuentatavat, nostopaikat. Asennussuunnitelmaa on noudatettava, jotta asennus sujuu oikeassa järjestyksessä ja rakenteille suunnitellut kuormat kohdistuvat niille suunnitellusti. Asennusjärjestystä noudattamalla voidaan varmistua myös rakennusaikaisesta rakenteen vakavuudesta ja oikeista tuentatavoista, jotka rakennesuunnittelija on hyväksynyt. (Vna 578/2003 2003.)

Itse asennustyössä asennustyön sujuvuudella on suuri merkitys työryhmän kokemuksella elementtien asentamisesta. Mittatarkkojen elementtien asentaminen kerrallaan kohdalleen on tarkkaa työtä ja vaatii rakenteilta tietyn mittatarkkuuden, jotta elementtien tukipintavaatimukset täyttyvät ja että laatat osuvat oikeaan korkoon asennuskorokkeiden avulla.

Elementtirakenne saavuttaa sille lasketut kestävyyydet vasta kun rakenteiden saumausbetoni on saavuttanut suunnitellun lujuuden. Ennen saumaustyötä elementtien saumoihin asennetaan saumateräksiset ja laataston ympärille asennetaan rengasteräksiset. Ennen saumausta sauma täytyy puhdistaa huolellisesti, jotta saumauksen tarttuvuudesta voidaan varmistua. Saumaustyö vaatii myös hieman muottityötä. Saumausbetonin kovettumisen jälkeen muotit puretaan ja suurimmat roiskeet poistetaan. (RaTu 25-0278 2004.)

Rakennustöiden menekit 2010-ohjeen (Palomäki, Mäki & Koskenvesa 2010, 49.) mukaan kolmen miehen työryhmä asentaa alle 3 tonnin painoisia elementtejä 31 kpl/tv. Jos elementin koko olisi 1,2 m * 6 m ja paino n. 400 kg/m², saataisiin laskennalliseksi

arvoksi työtuntia neliötä kohden $24 \text{ tth} / 223,2 \text{ m}^2 = 0,108 \text{ tth/m}^2$. Tätä voidaan käyttää vertailuarvona, kun arvioidaan työaikamenekkien arvoja myöhemmin.

Muottitöiden merkitys työmaan suunnittelussa on vähäisempi kuin elementtityössä. Kun muotit tehdään nk. pitkistä tavarasta työmaalla kerralla paikalleen aina valukuntoon saakka, suurin huolenaihe työturvallisuuden kannalta on turvallinen kulku muottityöpaikalle. Nostojen määrä on huomattavasti pienempi kuin elementtityöissä, mutta se ei välttämättä tee muottityöstä sen turvallisempaa. Putoamissuojaukset täytyy asentaa huolellisesti ja työnaikainen valjaiden käyttö olisi suositeltavaa putoamissuojauksista huolimatta.

Paikallavalumuottitöiden materiaalihukkaa pienentää paljon valmiiden muottitarpeiden hyväksikäyttö. Alumiiniset holvituet ja puiset muottipalkistot nopeuttavat ja helpottavat useita työvaiheita, kuten esim. lattian oikean koron asettamista. Holvitukien ja muottipalkistojen mitoitusohjeita tarjoaa usea valmistaja omilla kotisivuillaan. Holvitukien kantavuus kannattaa varmistaa aluslaudoituksella, jos muotitus joudutaan tekemään perusmaan varaan, tämä on hyvä ottaa huomioon ensimmäisen kerroksen välipohjaa tehdessä. Muottipinnan kestävyys varmistetaan yleensä ristikoolauksella muottipalkiston päälle. Tällä toimenpiteellä suojellaan myös muottipalkistoa ylimääräisiltä naulan- tai ruuvirei'iltä. Ristikoolauksella varmistetaan myös muottipinnan tarpeeksi luja kiinnittyvyys, jotta se ei elä välipohjaa valettaessa. Levymuottityössä muotin pintana toimii yleensä muottivanerilevy. Levyn koon valinnalla voidaan saumojen määrää ja niiden jättämiä jälkiä optimoida mahdollisimman pieneksi. Muottipinta on hyvä öljytä, jotta muotin saa mahdollisimman helposti irti, jolloin se ei myöskään rikkoudu niin helposti ja muottitavaraa voidaan mahdollisesti käyttää uudelleen. Öljyminen täytyy muistaa tehdä ennen raudoitustyötä, jottei raudoituksen tarttuvuutta ja rakenteen toimintaa pilata öljyämällä raudoituskin. (RaTu 21-0270 2005.)

Pöytämuottityö on suurelta osin samanlaista levymuottityön kanssa. Erona tähän on erikseen käytettävät pöytämuotit, joissa on valmiina elementteinä valumuottipinta ja valun kestävä rakenne. Pöytämuottityö vaatii enemmän nostoja kuin tavallinen levy-muottityö, mutta elementtien kokoaminen valuvalmiiksi maassa tai muottityöpisteellä nopeuttaa muottitöitä kuitenkin jonkin verran. Jos pöytämuotit kootaan paikallaan val-

miiksi, muistuttaa se hyvin paljon levymuottityötä. (RaTu 21-0270 2005.)

Kasettimuottityö sopii painonsa ansiosta työmaille, jossa nostokalustoa on rajoitetusti. Muoteille tehdään kannatinjärjestelmä holvituista ja vaakapalkistosta, kannatinjärjestelmä asennetaan oikeaan korkoon holvitukien avulla. Ensimmäisistä kasettimuoteista tehdään työtaso valupaikalle asentaen muotteja paikalleen kannatinjärjestelmän alta. Tämän jälkeen loput kasettimuotit voidaan latoa paikalleen palkkien päälle yläkautta käyttäen alakautta asennettua työtasoa hyväksi. Kasettimuotit vaativat hyvän puhdistuksen ja jälkihoidon, jotta muottien valupinnat pysyvät hyvässä kunnossa ja ehjinä valujen loppuun saakka. (Ratu 21-0271 2005.)

Paikallavalurakenteiden muottityössä ei voi kokonaan unohtaa nostokaluston tarvetta. Suuremmissa kohteissa nostokalustoa tarvitaan aina muottikaluston siirtoon, jos se on kovin työlästä hoitaa esim. porraskäytäviä pitkin. Varsinainen betonointi hoituu ilman nostokalustoa, sillä nykyiset betonipumppauskalustot pystyvät nostamaan betonin pumppaamalla jopa 30 metrin korkeuteen saakka.

Raudoitustyö tuo oman lisänsä paikallavalukohteiden työaikamenekkiin. Raudoitusverkkojen siirrot, nostot ja työstäminen tekevät yhdessä muottityön kanssa paikallavalun työaikamenekistä huomattavasti suuremman kuin elementtikohteissa.

Lattialämmityskohteissa työaikamenekkiin täytyy huomioida lämmöneristeen asennus. Lämmöneristeen asennus on aina oma työvaiheensa ja sen ajoittamiseen kannattaa kiinnittää huomiota rakenteen kuivumisen kannalta. Jos lämmöneristeen asentaa heti valujen jälkeen, se heikentää rakenteen kuivumista ylöspäin, koska se muodostaa lähes tiiviin pinnan rakenteen päälle. Lämmöneristeenä tulisi käyttää muovipohjaisia tuotteita (esim. EPS, XPS), koska ne soveltuvat välipohjarakenteisiin villapohjaisia tuotteita paremmin rakennusfysikaalisten ominaisuuksien osalta. Lisäksi muovipohjaisten eristeiden puristuslujuus kestää paremmin niille tulevan kuorman, ilman että eriste puristuu kokoon haittaavissa määrin.

Pintabetonointi ja lattiatasoitteet vaikuttavat myös rakenteiden työaikamenekkien ver-

tailuun ja kuivumisaikaan. Lämmöneristämättömissä rakenteissa pintakerroksilla pyritään saamaan rakenne mahdollisimman tasaiseksi, jotta se täyttäisi rakenteelle asetetut tasaisuusvaatimukset. Lämmöneristetyissä lattialämmitteisissä rakenteissa pintabetonointiin saadaan helposti asennettua lattialämmitysputkisto samalla vaivalla kun lattia oikaistaan pinnoituskelpoiseksi. Pintabetonoinnin työvaihe runkovaihetta silmällä pitäen kannattaa ajoittaa huolellisesti. Liian aikaisin tehty pintabetonointi saattaa vaurioitua huomattavasti ennen lattian pinnoitusta, jolloin lattiaa joudutaan paikkailemaan ja korjailemaan ennen varsinaista pinnoitusta. Liian aikainen pintabetonointi saattaa myös vaikeuttaa muottikiertoa, koska tulevan välipohjan holvituet täytyy tukea alemmalta pohjalta, jonka tulee kestää tulevan valun paino. Liian myöhäinen pintabetonointi taas saattaa aiheuttaa hankaluuksia pinnoituksen kanssa, jos rakennetta ei saada kuivamaan tarpeeksi tehokkaasti. Pintabetonoinnin kuivumiseen vaikuttaa hyvin paljon siihen käytettävä vesimäärä. Itsetasoittuviin tasoitteisiin vettä tulee hyvinkin paljon, jolloin niiden kuivuminen on hitaampaa. Kuivumista voidaan nopeuttaa käyttämällä sellaisia tasoitteita, joka sisältävät nopeasti kuivuvaa sideainetta.

4.3 Rakenteiden kuivuminen

Rakenteiden kuivumisaikaa pyrittiin arvioimaan BY1021 Rakenteiden kuivuminen-excel taulukon avulla. Kaavion valitaan tutkittava rakenne oikealta alalehdeltä, syötetään ohjelman pyytämät lähtöarvot ja arvioidaan rakenteen kuivumisolosuhteet. Kaavio antaa tuloksena arvion rakenteen kuivumisajasta tavoitekosteuuteen saakka.

Tavoitekosteuutena käytettiin jokaisessa tarkastelussa 85 %, jolloin rakenne olisi pinnoitettavissa yleisimmillä pinnoitteilla pinnoitusohjeen mukaisesti. Kaavion käytön avulla huomasi helposti, kuinka paljon mikäkin tekijä vaikuttaa rakenteen kuivumiseen ja sen kuivumisnopeuteen. Jo pelkästään työmaalla vallitseviin kuivumisolosuhteisiin eli ympäröivän ilman lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden arvojen muuntelu vaikuttaa kuivumisaikaan useita viikkoja. Työmaan sisäilmastoon voidaan vaikuttaa lämmittämällä, ilman vaihtuvuudella ja kosteudenhallinnalla. Yksi huomattava tekijä on massiivivaluissa käytettävän veden määrän vaikutus rakenteen kuivumiseen, nk. vesisideainesuhde. Rakennepiirustuksissa tuli ottaa kantaa käytettävän massan notkeusluokkaan. Lattioiden notkeusluokka on luokka 2, joka tarkoittaa yleensä myös

kohtuullisen vähäistä vesimäärää. Työmaalla usein notkeampi massa saadaan juuri hieman ”märemmällä” betonilla, jolloin tämä vesisideainesuhde kasvaa turhan isoksi rakenteen kuivumisen kannalta. Notkeammalla massalla pyritään saamaan helpompi työstettävyys, mutta harvemmin ajatellaan sen vaikutuksia myöhempään ja pitempiaikaiseen prosessiin – rakenteen kuivumiseen.

BY1021-taulukon tulokset ovat vain suuntaa antavia. Kaavioon ei voi määritellä, esim. jos betonoidaessa on käytetty jonkinlaisia nopeuttimia tai erikoisementtejä. Myöskään työmaan olosuhteet harvoin pysyvät muuttumattomina useita päiviä yhtäjaksoisesti. Lisäksi on hyvin vaikea sanoa, kuinka taulukko ottaa huomioon kunkin siihen syötettävän arvon ja miten se niitä tulkitsee. Lisäksi rakenteille olisi hyvä olla jonkinlainen seloste, jolloin taulukosta varmasti löytäisi oikeanlaisen rakenteen oikeaan tilanteeseen. Varsinaiset rakenteiden kosteudet tulee aina varmistaa asianomaisiin mittauksiin työmaaolosuhteissa ennen rakenteen pinnoittamista. Mittaukset tehdään joko porareikämittauksina tai koepalamittauksina.

Havainnollistava kuva BY1021-taulukosta kuviossa 5 seuraavalla sivulla.

Betonirakenteiden kuivuminen

"Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002."

Kohde: **Opinnäytetyö Sampo Rossi**

Massiivinen teräsbetonilaatta (kuivuminen molempiin suuntiin)

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötä sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja rakenteen paksuudelle. Valitse lisäksi vaihtoehdoista kastumisaika sekä kuivumisolosuhteista kosteus ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisaajan lasketaan alkavan siitä kun rakenne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkihoito tehdään kastelemalla, lasketaan aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoito tehdään peittämällä, lasketaan aika valusta.

	Syöttöarvot	Raja-arvo	Peruskuivumisaika
Tavoitekosteus	85,0 %	"80-100"	37,0
Vesi-sideainesuhde	0,40	"0,4-0,7"	Kerroin 0,20
Rakenteen paksuus	240,0 mm	"200-300"	Kerroin 0,95

BY1021

Kastumisaika

- ☒ Kuivassa
☐ Kosteassa yli 2 viikkoa
☐ Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

- ☐ 35 %
☒ 50 %
☐ 60 %
☐ 70 %
☐ 80 %

Lämpötila

- ☐ 10 C
☐ 15 C
☒ 20 C
☐ 25 C
☐ 30 C

Kuivumisaika viikkoina:

5,9

KUVIO 5. Kuivumisaikakaavio, BY1021 – Rakenteiden kuivuminen

Rakenteille saatuja kuivumisaika-arvioita eri olosuhteissa on kerätty taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Rakenteiden kuivumisaika-arvioita BY1021-taulukon mukaisesti

Massiivinen teräsbetonilaatta 240 mm

Vesi-sideainesuhde	Kosteus	Lämpötila	Kuivumisaika (viikkoina)
0,4	50%	20 °C	5,9
0,42			9,2
0,45			11,3
0,47			12,3
0,5			13,3
0,6			18,6
0,4	70%	10 °C	9,8
0,42			15,3
0,45			18,9
0,47			20,5
0,5			22,1
0,6			31

Ontelolaatta + pintabetonointi 80 mm Ontelolaatan kosteus > 35 %

Vesi-sideainesuhde	Kosteus	Lämpötila	Kuivumisaika (viikkoina)
0,4	50%	20 °C	8,8
0,42			9,7
0,45			11,1
0,47			11,9
0,5			13,3
0,6			17,7
0,4	70%	10 °C	14,7
0,42			16,2
0,45			18,4
0,47			19,9
0,5			22,1
0,6			29,5

4.4 Välipohja VP1

Välipohja VP1 on ontelolaattarakenteinen välipohja, jossa rakenteena on:

- Ontelolaatta 265 mm
- Pintabetonointi 80 mm
- Pinnoite

Rakenteen kokonaispaksuus pinnoitteita huomioimatta on 345 mm. Rakenne on suunniteltu taloon, jossa on vesikiertoinen patterilämmitys, jonka putkitus voidaan toteuttaa ylä- tai alajakoisena. Käyttämällä 80 mm paksua pintabetonia saavutetaan rakenteelle parempi ääneneristävyys ja mahdollistetaan myös mahdollinen alajakoinen putkitus. Samankaltaisille rakenteille on tutkimuksissa saavutettu askeläänieristävyyksiluiksi 48 – 51 dB ja ilmanäänieristävyyksiluiksi yli 55 dB. Rakenneleikkaus välipohjasta liitteenä 1. Työaikamenekki-laskelma esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. VP1:den vaatima työaikamenekki

ONTELOLAATTATYÖT

Asennus	0,032	tth/m ²
Saumaustyöt		
Pumppubetonointi	0,01	tth/m ²
Raudoitus, laudoitus ja laudoituksen purku	0,03	tth/m ²

Pintavalu

Pinnan puhdistus	0,01	tth/m ²
Siirrot, mittaus ja merkinnät	0,01	tth/m ²
Itsetasoittuva massa, pumpputasoite	0,02	tth/m ²

Lisäaikakerroin (TL3) 1,2

Työväiheaika yläjakoisella putkituksella	0,1344	tth/m²
Jako- ja kytkentäjohtot	0,05	tth/m ²
Työväiheaika alajakoisella putkituksella	0,1944	tth/m²

4.5 Välipohja VP2

Välipohja VP2 on ontelolaattarakenteinen välipohja, jossa rakenteena on:

- Ontelolaatta 265 mm
- Eristekerros
- Suodatinkangas
- Pintabetonointi 80 mm
- Pinnoite

Rakenteen kokonaispaksuus pinnoitteita huomioimatta on 395 mm. Rakenne on suunniteltu taloon, jossa on vesikiertoinen lattialämmitys. Lattialämmityspotket sijoitetaan rakenteessa pintavaluun eristekerroksen yläpuolelle. Eristekerroksella estetään lämmön karkaaminen kantavaan rakenteeseen ja alempaan huoneistoon. Suodatinkankaalla estetään pintabetonin joutuminen eristeen rakoihin. Samankaltaisille rakenteille on tutkimuksissa saavutettu askeläänieristävyyksiluvuksi 39 – 49 dB ja ilmanäänieristävyyksiluvuksi yli 60 dB. Rakenneleikkaus välipohjasta liitteenä 2. Työaikamenekki-laskelma esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. VP2:den vaatima työaikamenekki

ONTELOLAATTATYÖT

Asennus	0,032	tth/m ²
Saumaustyöt		
Pumppubetonointi	0,01	tth/m ²
Raudointus, laudoitus ja laudoituksen purku	0,03	tth/m ²
Eristeen asennus	0,13	tth/m ²
Lämmityspotkiston asennus	0,1	tth/m ²
Pintavalu		
Pinnan puhdistus	0,01	tth/m ²
Siirrot, mittaus ja merkinnät	0,01	tth/m ²
Itsetasoittuva massa, pumpputasoite	0,02	tth/m ²

Lisäaikerroin (TL3) 1,2

Työväiheika	0,4104	tth/m²
--------------------	---------------	--------------------------

4.6 Välipohja VP3

Välipohja VP3 on massiivilaattarakenteinen välipohja, jossa rakenteena on:

- Teräsbetoninen massiivilaatta paksuus 240 mm
- Lattiatasoite 30 mm
- Pinnoite

Rakenteen kokonaispaksuus pinnoitteita huomioimatta on 270 mm. Rakenne on suunniteltu taloon, jossa on vesikiertoinen patterilämmitys, jonka putkitus voidaan toteuttaa ylä- tai alajakaisena. Alajakaisessa putkituksessa pattereille tulevat vesijohtoputket sijoitetaan teräsbetoniseen massiivivalulaattaan suojaputkituksella. Työaikamenekit on laskettu erilaisille muottitekniikoille riippuen muotitustavasta. Erilaisten muotien käyttö riippuu työmaalla ja/tai rakennusliikkeellä käytössä olevasta kalustosta. Samankaltaisille rakenteille on tutkimuksissa saavutettu askeläänieristävyysluvuksi 49 – 51 dB ja ilmanäänieristävyysluvuksi yli 58 dB. Rakenneleikkaus välipohjasta liitteenä 3.

Työaikamenekki-laskelma on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5. VP3:n vaatima työaikamenekki.

MASSIIVINEN TB-LAATTA	levymuotti	kasettimuotti	pöytämuotti	
Pystytys	0,28	0,21	0,13	tth/m ²
Raudoitus	0,5	(10 m ² :n verkko #8k150 5 tth/m ²)		
Betonointi	0,205			tth/m ²
Pintavalu				
Pinnan puhdistus	0,01			tth/m ²
Siirrot, mittaus ja merkinnät	0,01			tth/m ²
Itsetasoitettava massa, pumpputasoite	0,02			tth/m ²
Lisäaika kerroin (TL3)	1,2			
Työvaihe aika yläjakoisella putkituksella	1,59	1,338	1,074	tth/m²
Jako- ja kytkentä johdot	0,05			tth/m ²
Työvaihe aika alajakaisella putkituksella	1,77	1,518	1,254	tth/m²

4.7 Välipohja VP4

Välipohja VP4 on massiivilaattarakenteinen välipohja, jossa rakenteena on:

- Teräsbetoninen massiivilaatta paksuus 240 mm
- Eristekerros
- Suodatinkangas
- Pintabetonointi 80 mm

Rakenteen kokonaispaksuus pinnoitteita huomioimatta on 370 mm. Rakenne on suunniteltu taloon, jossa on vesikiertoinen lattialämmitys. Lattialämmityspotket sijoitetaan pintavaluun eristekerroksen yläpuolelle. Eristekerroksella estetään lämmön karkaaminen kantavaan rakenteeseen ja alempaan huoneistoon. Työaikamenekit on laskettu erilaisille muottitekniikoille riippuen muotitustavasta. Samankaltaisille rakenteille on tutkimuksissa saavutettu askeläänieristävyyksiluvuksi 39 – 46 dB ja ilmanääni-eristävyyksiluvuksi yli 60 dB. Rakenneleikkaus välipohjasta liitteenä 4.

Työaikamenekki-laskelma on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. VP4:n vaatima työaikamenekki.

MASSIIVINEN TB-LAATTA	levymuotti	kasettimuotti	pöytämuotti	
Pystytys	0,28	0,21	0,13	tth/m ²
Rauditus	0,5	(10 m ² :n verkko #8k150 5 tth/m ²)		
Betonointi	0,205			tth/m ²
Eristeen asennus	0,13			tth/m ²
Lämmityspotkiston asennus	0,1			tth/m ²
Pintavalu				
Pinnan puhdistus	0,01			tth/m ²
Siirrot, mittaus ja merkinnät	0,01			tth/m ²
Itsetasoittuva massa, pumpputasoite	0,02			tth/m ²
Lisäaikaeroin (TL3)	1,2			
Työvaihe aika	1,866	1,614	1,35	tth/m²

4.8 Välipohjien työaikamenekit

Taulukkoon 7 on koottu tulokset välipohjien erilaisista toteutusmenetelmistä koostuvat työmenekkiajat vertailun vuoksi. Taulukosta nähdään helposti elementtityön ja paikallavalutyön työaikamenekkien eroavaisuudet. Paikallavalutöistä nähdään myös erilaisen muottitekniikoiden vaikutus työaikamenekkiin. Ylä- tai alajakaisen putkituksen ero ei ole työajallisesti kovin merkittävä.

TAULUKKO 7. Työaikamenekit välipohjaratkaisuille.



1. VP1, yläjakoinen putkitus
2. VP1, alajakoisella putkitus
3. VP2
4. VP3, yläjakoinen putkitus, levymuotti
5. VP3, yläjakoinen putkitus, kasettimuotti
6. VP3, yläjakoinen putkitus, pöytämuotti
7. VP3, alajakoinen putkitus, levymuotti
8. VP3, alajakoinen putkitus, kasettimuotti
9. VP3, alajakoinen putkitus, pöytämuotti
10. VP4, levymuotti
11. VP4, kasettimuotti
12. VP4, pöytämuotti

5. TALVIRAKENTAMISEN VAIKUTUKSET

5.1 Talvirakentaminen

Betonitöitä mietittäessä talvirakentaminen katsotaan alkaneeksi, kun ulkoilman lämpötila laskee alle $+5^{\circ}\text{C}$:een. Betonin kovettuminen ja lujuudenkehitys hidastuu huomattavasti kun lämpötila laskee alle -5°C :een. Keski-Suomessa tämä aikajakso kattaa jotakuinkin aikajakson lokakuun lopulta huhtikuun alkuun. Betonirakenteiden kestävyiden ja suunnitellun toiminnan kannalta on elintärkeää, että betoni saavuttaa jäätymislujuutensa ennen kuin se pääsee jäätymään. Jäätymislujuuden miniarvo on 5 MPa huolimatta siitä mikä on rakenteen suunniteltu loppulujuus. Jäätymislujuuden saavuttamisen jälkeen rakenne voi jäätyä kerran ilman, että sen vauriot eivät vaikuta betonin lujuudenkehitykseen ja hydratoitumisprosessiin. Rakenteen lämmittäminen voidaan käytännössä lopettaa, kun jäätymislujuus on saavutettu. Jäätymislujuuden saavuttaminen ei kuitenkaan tarkoita, että muotit voitaisiin purkaa, koska muottien purkulujuus riippuu rakenteen suunnitellusta lujuudesta. Muottien purkulujuutena käytetään yleisesti 60 % rakenteen suunnitellusta lujuudesta. Kun rakenne on saavuttanut 60 % suunnitellusta lujuudesta, voidaan katsoa, että se kestää sille tarkoitetut rasitukset kärsimättä liian suuria muodonmuutoksia. Purkulujuuden määrittäminen onnistuu helposti erilaisten laskelmien kautta. Talvella rakenne saavuttaa muottien purkulujuuden hitaammin kuin lämpimämissä olosuhteissa. (Honkavuori & Lampinen 2005, 85-86.)

Talvityöskentely aiheuttaa myös muita haasteita ja hidasteita työmaan toimintaan. Yllättävä lumentulo, kiristynyt pakkanen tai muut keliolosuhteiden muutokset aiheuttavat haittaa työmaan toimintaan. Käytännössä tämä näkyy hidastuneena työtahtina, kohonneena energiankulutuksena ja suurempana materiaalihukkana. Tämä voidaan hoitaa suurentamalla resursseja, lisäämällä työryhmiä tai huomioimalla talvirakentaminen selkeämmin aikatauluttaessa kohdetta. Jos talvirakentaminen jätetään huomioimatta projektia mietittäessä, voivat kustannukset yllättää hyvinkin nopeasti talven tullessa. RT-kortisto tarjoaa paljon tietoa talvirakentamisen huomioimisessa projektin aikataulua ja kustannuksia mietittäessä. Talvirakentamisen lisä on lämpötilasta, sääolosuhteista ja työtavasta riippuen kahdesta prosentista jopa kuuteenkymmeneen prosenttiin asti. (RaTu C8-0377 2010.)

5.2 Talven vaikutus välipohjien toteutukseen

Rakenteen lujuuden ja lopputuotteen laadun kannalta on hyvin tärkeää, että betonointityöt tehdään talvellakin turvallisesti ja laadukkaasti. Talven vaikutus tuo mukanaan lisätyövaiheita, jotka luonnollisesti hidastavat työskentelyä.

Muottien suojaus on hyvä keino välttää lumitöitä ja estää ylimääräisen veden (lumen) pääsyn betonin joukkoon. Ylimääräinen vesi aiheuttaa massan ominaisuuksien muutosta ja saattaa suuremmissa määrin haitata sen aiottua lujuudenkehitystä. Suojaus- ja lumityöt lisäävät työaikamenekkiä 0,005 – 0,20 tth/m² riippuen sataneen lumen määrästä tai käytettävän suojauksen muodosta. Jos lunta on odotettavissa rajusti, suojaus tulee kannattavammaksi kuin lumitöiden teettäminen. (RaTu C8-0377 2010.)

5.3 Rakenteiden lämmitys

Muottien lämmityksen ja betonin lisälämmityksen avulla voidaan varmistaa betonirakenteen jäätymislujuuden saavuttaminen ennen kuin rakenne pääsee jäätymään. Lämmitysmuotoja on useita, jotka riippuvat käytetystä kalustosta tai tavasta, jolla rakennetta pyritään lämmittämään. Lämmittimiä käytettäessä on aina huomioitava kohteen laajuus, lämmittimen teho, lämmittimen suuntaus ja lämmitettävän tilan tiiveys. Jos rakennuksen ulkovaippa ei ole tiivis tai laisinkaan paikallaan, perinteisillä kuumailmalämmittimistä ei ole juurikaan hyötyä. Lämmittimillä saavutetaan paras hyöty, jos tila tiivis ja tilasta on estetty lämmön johtuminen suoraan ulkoilmaan. Tällöin lämmittimet tekevät tilasta myös mukavamman työskennellä ja edesauttavat muiden rakenteiden kuivumista (esim. alemman kerroksen välipohja). Lämmittimien tehoa ja kuivatusmahdollisuutta voidaan tarpeen tullen tehostaa apupuhaltimien avulla. Rakenteiden kuivuessa täytyy huomioida mahdollisesti muodostuneen kosteuden johtaminen pois lämmitettävästä tilasta, jotta se ei pääse tiivistymään haitallisesti kylmille pinnoille rakennuksessa. (RaTu 07-3032 1996.)

Jos lämmitystä ei voida järjestää, esim. rakenteiden puutteellisen tiiveyden vuoksi, voidaan valumuotteihin asentaa lisälämmitys, joka varmistaa betonin tarpeeksi suuren lämpötilan jäätymislajuuden saavuttamiseksi. Lisälämmitys hoidetaan usein lankalämmityksen avulla.

Lankalämmityksessä valumuotteihin asennetaan sähkövastuslangat, jotka lämmittävät valettua rakennetta valun jälkeen sisältä päin. Lankalämmityksellä lisälämmitys voidaan helposti kohdentaa haluttuun kohteeseen ja sen tehoa on helppo säädellä. Lankalämmitys soveltuu kaikkiin muotitustapoihin ja rakennetta voidaan lämmittää haluttaessa myös muottien purkamisen jälkeen. Lankalämmitys asennetaan rakenteeseen tekemällä lämmityslangasta silmukoita rakenteen sisään. Silmukoiden välimatka vaihtelee valettavan rakenteen paksuuden mukaan. Paksuissa rakenteissa (yli 200 mm) langat sijoitetaan kahteen kerrokseen, jolloin varmistetaan rakenteen tasainen lämmittäminen. Lankalämmityksen suunnitteluun vaikuttaa lämmitettävän rakenteen koko ja paksuus, muotitustapa ja ulkolämpötila betonointia suoritettaessa. Lankalämmityksellä voidaan betonimassan lämpötilaa nostaa jopa 5 °C/h. Lankalämmitys varustetaan termostaatilla, joka estää massan lämpiämisen liian korkeaksi. Liian nopea lämmön kehittyminen haittaa betonin lujuudenkehitystä. (RaTu 07-3031 1995.)

5.4 Betonointi talvella

Yksi vaihtoehto betonirakenteiden tai muottien lämmittämisen sijaan, on käyttää talvi-betonointiin soveltuvia betonilaatuja. Näistä yleisimmät ovat kuumabetoni ja nopeasti kovettuva betoni.

Kuumabetonina pidetään betonia, jonka valulämpötila on 30 – 50 °C. Kuumabetoni on luokiteltu kolmeen eri luokkaan:

- 1 luokka, 30 °C
- 2 luokka, 40 °C
- 3 luokka, 50 °C. (Katainen 2010, 27)

Kuumabetonin valmistuksessa käytetään kuumaa vettä ja kuumaa runkoainesta, jolloin betonimassan lämpötila saadaan tarpeeksi lämpimäksi. Kuumabetoniluokan valintaan vaikuttavat vallitsevat sääolosuhteet, muotitustapa ja mahdolliset lämmitystoimenpiteet työmaalla. Kuumabetonin hyvät puolet työmaalämmitykseen verrattuna on sen korkea lämpötila heti valun jälkeen, jolloin betonilla on alusta alkaen hyvät olosuhteet sen kovettumista ja lujuudenkehitystä ajatellen. Huonona puolena on massan lyhyt työstettävyyss aika ja liiallisen kuumuuden aiheuttama lujuuskato. Tämän takia kuumabetonille suositellaan laattarakenteissa yhden lujuusluokan nostoa korkean lämpötilan seurauksena. (Katainen 2010, 27)

Nopeasti kovettuva betoni tehdään tarkoitukseen sopivalla Rapid-sementillä. Tällöin betonin lujuudenkehitys on alussa nopeampaa, jolloin jäätymislujuus saavutetaan nopeammin kuin tavallisilla massoilla. Betonin ominaisuuksia voidaan muokata myös kiihdyttimillä ja vedentarvetta vähentävillä lisäaineilla, joita lisätään massaan sen valmistusvaiheessa. Lisäaineilla voidaan betonista tehdä paremmin talvibetonointiin sopivaa, esim. kiihdyttämällä sen lujuudenkehitystä, jolloin jäätymislujuus saavutetaan taas aikaisemmin. Lisäaineiden käyttöä betonimassoissa suositellaan vain, jos lisäaineiden vaikutuksista on aiemmin hyväksi todettuja kokemuksia ja työmaalla on tarpeeksi kokemusta lisäaineistetun betonin käytöstä. (Honkavuori & Lampinen 2005, 55, 63 – 68)

Vaikka talvibetonointi suoritetaan erilaisin massoin, lisälämmityksen kanssa tai ilman, täytyy valettu alue suojata aina huolellisesti. Kylmä pakkastuuli haihduttaa lämmön hyvin äkkiä betonin pinnalta, jolloin betonin pintakerrosten kovettuminen ja sitoutuminen häiriintyy. Suojaus on hyvä tehdä tarpeeksi paksuilla ja painavilla peitteillä, jotka estävät tarpeettoman lämmön karkaamisen betonivalusta ja pysyvät paikallaan tuulesta huolimatta. Suuria pintoja valettaessa suojaus on hyvä aloittaa osittain vielä valun ollessa käynnissä, jotta rakenteen tasainen kovettuminen ja lujuudenkehitys saadaan varmistettua ja rakenteesta varmasti tasalaatuinen.

6. VÄLIPOHJARAKENTEIDEN VERTAILU

6.1 Toteutustavan valinta aikataulujen perusteella

Taulukosta 7 (s. 30) nähdään helposti työaikamenekkien perusteella, että alhaisimmat menekit ovat välipohjarakenteilla, jotka on toteutettu ontelolaatoilla. Kyseisillä ratkaisuilla päästään laskennallisesti 0,14 – 0,42 tth/m² työaikamenekkeihin. Massiivisilla rakenteilla vastaavat menekit nousevat 1,26 tth/m² aina 1,87 tth/m² saakka. Muotitustavasta riippuen ero on kolminkertainen ontelolaattarakenteiden hyväksi. Vaikka massiivibetonirakenteilla muotitusta ja valujen järjestelyjä voidaan tehdä helpommin useammalla työryhmällä, on ero silti merkittävä ontelolaattaratkaisuiden hyväksi. Laskennallisesti ero näyttää karulta, mutta todellisuudessa työaikoja voidaan pienentää rytmittämällä työtehtäviä oikein. Laskelmissa on laskettu kaikki välipohjarakenteeseen tulevat rakenteet yhteen, jolloin esim. kahden valukerroksen rakenteet massiivivaluissa hieman vääristävät työmenekkiä. Runkoaikaa ajatellen neliötä kohden laskettu aika kuitenkin antaa suuntaa-antavan arvion välipohjatyön toteutusajasta. Runkoajan saa laskettua kohteelle jakamalla kyseisen toteutustavan mukaisen työtuntimäärän neliötä kohden valitulla työntekijämäärällä ja kertomalla sen kohteen välipohjien neliömäärällä. Esim. 2000 m² vaatisi lattialämmitteiselle ontelolaattatyölle (VP2) 0,41 tth/m² : 3 tt * 2000 m² = 273 h, joka vastaa 273 h / 8h/tv = 34,2 tv eli työvuorua, jos asennuksessa käytetään kolmen työmiehen työryhmää. 34,2 työvuorua vastaa 6,8 työviikkoa. Aikataulullisesti tämä huomioitaisiin varmasti seitsemänä työviikkona. Vastaava aika nopeimmalle massiivivalu-ratkaisulle olisi 1,26 tth/m² : 3 tt * 2000 m² = 840 h, eli 105 työvuorua, kun käytetään kolmen miehen työryhmää. Työviikkoina tämä olisi 21 työviikkoa, aikataulullisesti mahdollisesti 22 viikkoa.

Välipohjatyö on toteutustavasta riippuen aina monivaiheinen. Massiivivalurakenteilla työvaiheita on hieman enemmän kuin elementtityössä. Jos työkohteeseen on suunniteltu vesikiertoinen lattialämmitys, joudutaan valutyöt käytännössä valmistelemaan kahdesti, erikseen kantavalle rakenteelle ja erikseen pintabetonoinnille. Elementtirakenteisesti toteutettuna lattialämmitteinen rakenne vaatii myös kaksi valukertaa, mutta juotosvalujen merkitys on aikataulullisesti huomattavasti pienempi kuin kantavan rakenteen valaminen. Muottitöiden menekit myös suosivat elementtirakenteiden käyttöä. Massiivivalujen muottityöt vaativat paljon enemmän aikaa kuin juotosvalujen

muottityöt. Vaikka levymuottien muottikoot olisivat kuinka suuria käytännöllisyyden mitoissa, saadaan elementtien asentamisella nopeammin nk. valmista pintaa aikaiseksi kuin muottilevyjä käytettäessä.

Patterilämmitteiseksi suunnitellulla kohteella erot ovat pienempiä, mutta elementtirakenteinen kohde on tässäkin tapauksessa nopeampi. Vaikka kantava laatta tehtäisiin valmiiksi pinnoittamiskelpoiseksi ilman tasausvalua, saadaan elementeillä välipohja nopeammin aikaiseksi seuraavia työvaiheita ajatellen.

Raudoitustyö vaatii myös oman aikansa työmaalla. Elementtien rauditus hoidetaan sauma- ja rengasrauditusta huomioimatta aina elementtitehtaalla. Kokonaisuutena ajatellen sauma- ja rengasrauditus on nopeampi työvaihe kuin kantavan laatan rauditus verkkoraudituksella ja tartuntateräksillä.

Aikataulullisesti huomioiden ontelolaattarakenne olisi tehokkaampi tapa toteuttaa välipohjarakenteet. Elementtitöiden aikataulumenekit ovat kuitenkin kehittyneet ja alentuneet paljon, joka viittaa siihen, että työssä pitäisi käyttää työntekijöitä, jotka ovat erikoistuneet elementtien asennukseen. Kokemattomilla työntekijöillä näin lasketut aikataulut pettävät hyvin varmasti. Tehokas työskentely vaatii myös elementtien kerroskohtaisen toimituksen ajallaan ja nostokaluston tehokkaan käytön työmaalla.

Massiivirakenteilla suuremman valun sovittaminen samalle päivälle ja betonin helpomman saatavuuden ansiosta työaikamenekkilaskentaa voidaan pitää hieman varmempana.

6.2 Muiden seikkojen vaikutus toteutustapaan

Jatkuva keskustelu ja lisääntynyt tietoisuus sisäilmaongelmista on osaltaan vaikuttanut myös rakennusten pinnoitteiden ja pinnoittamistyön laatuun. Välipohjatyön onnistumisessa tärkeä osa on sen saattaminen loppuun oikeilla pinnoitteilla ja materiaaleilla. Suurin osa pinnoitteista vaatii rakenteen kosteuden olevan arviointisyvyydellä alle 85

%:n. (Pitkänen 2006. 13.) BY1021-kuivumisaikakaavion perusteella näihin raja-arvoihin päästään aikaisintaan n. 9 viikon kuluessa rakenteen tasoittamisen suoritushetkestä, jos kuivumisolosuhteet ovat hyvät (kts. TAULUKKO 2, s. 25). Pahimmillaan kuivumiseen kuluu aikaa monia kuukausia, jos olosuhteet eivät ole kuivumiselle otollisia ja kuivumista ei ole tehostettu koneellisesti. Välipohjarakenteiden pinnoittamisen kanssa ei siis kannata kiirehtiä ja rakenteiden kosteus tulee aina varmistaa mittauksilla.

Massiivinen teräsbetoni-laatta kuivuisi BY1021-aulukon mukaisesti hieman nopeammin kuin ontelolaattarakenne. Tuloksista on kuitenkin hyvä muistaa, että taulukko arvioi massiivirakenteissa pelkästään vain laatan kuivumista. Massiivilaatan pintabetonointi varmasti kasvattaa massiivirakenteen kuivumisaika-arvion korkeammaksi kuin ontelolaattarakenteen. Jos välipohjan kuivumisaika-arvioita tehdään työmaalla, tulee käytetyn massan ominaisuudet olla hyvin tiedossa. Rakenteiden kuivumisen puitteissa ontelolaattarakenteet olisivat hieman suosiollisempia kuin massiivirakenteet.

Ontelolaattarakenteinen teollinen valmistus ja hyvät valmistusolosuhteet puhuvat myös puolestaan. Betonointi ja raudoitus voidaan tehdä lämpimissä sisätiloissa varmasti suorilla, hyvillä ja puhtailla pinnoilla. Kun ontelolaatat tilataan ontelolaattatehtailta, vastaavat he myös ontelolaattatuotteen laadusta ja turvallisesta kuljetuksesta työmaalle. Paikallavaletun laatan laatu saattaa vaihdella paikallisesti, jos laatua ei seurata tarpeeksi hyvin tai kuivumiselle on huonommat olosuhteet paikallisesti joissain osissa laattaa. Myös käytetyn muottikaluston pinnan muodot ja epäpuhtaudet vaikuttavat laatan lopputulokseen.. Ontelolaattatuotteiden laadun voidaan olettaa olevan hieman korkeampi kuin paikalla tehdyn massiivilaatan.

Muottitöissä tulee aina väistämättä hukkaa. Levyt eivät joka kerta käy juuri sellaisinaa valualueen mittoihin. Tällöin levyjä ja muita muottitarpeita joudutaan pilkkomaan ja katkomaan hukkaprosenttien ollessa jopa kymmenen prosentin luokkaa. Muottitöitä tehdään toki myös elementtirakentamisessa, mutta kun valupinta-alat kasvavat, kasvaa myös materiaalin hukka. Ontelolaattarakenteissa hukkameneeki on määrällisesti pienempi kuin massiivivalurakenteilla. Huolellisella muottien purkutyöllä ja

suunnitellulla muottikalustolla hukan menekkiä saadaan karsittua pienemmäksi. Muotteja ei myöskään kannata valmistaa kaikista kalleimmasta mitallistetusta puutavarasta.

Valutöiden hukka saattaa myös kohota suureksi, kun välipohjien pinta-alat kasvavat. Laattojen valutöissä hukkaprosentit ovat 1 – 4 %. Suurissa kohteissa, esim. 1000 m² tämä tarkoittaa, että hukkaan menevällä betonilla voitaisiin valaa jopa 40 m²:ä 240 millin paksuista laattaa. Karkeasti ottaen hukkaan saattaa mennä jopa kaksi autollista betonia (9,6 m³) välipohjatöiden aikana.

6.3 Materiaalihintojen vaikutus välipohjarakenteen valintaan

Jyväskyläläinen HB-betoniteollisuus Oy tarjoaa rakentajille valmisbetonia. Hinnastossa valmiin lattiabetonin hinta liikkuu 100 – 125 €/m³ paikkeilla (sis. Alv 0 %). (HB Valmisbetoni hinnasto 2012, 7.) Keskihinnaksi voimme siis laskea $(125 + 100)/2$ €/m³ = 112,5 €/m³.

240 millin vahvuiseen laattaan menee betonia yhden neliön alueelle $1 \text{ m}^2 * 0,24 \text{ m} = 0,24 \text{ m}^3$. Neliömetrin kokoisen alueen hinnaksi muodostuu tällöin $0,24 \text{ m}^3/\text{m}^2 * 112,5 \text{ €/m}^3 = 27 \text{ €/m}^2$.

Talonrakennuksen kustannustieto 2011-kirjan (Haahtela & Kiiras 2011, 222.) mukaan Jyväskylän alueella 265 mm paksu OL27 maksaa 54 €/m², kun kuormituksena ovat nk. normaalit kuormat. Asuinkerrostalon hyötykuormaa 2,0 kN/m² voidaan pitää normaalina kuormana.

Pelkästään betonirakenteen materiaalihinnan perusteella ontelolaattarakenne olisi siis n. 2-kertaa kalliimpi kuin massiivivalurakenne. Tarkemmin tutkittuna ontelolaattarakenne kiri hintaeroa vähän umpeen muutaman seikan avulla. Massiivirakenteeseen täytyy muistaa laskea mukaan raudoitteiden hinnat ja muottikaluston hinta, jotta rakenteen hinta saataisiin vastaamaan ontelolaatan hintaa. Lisäksi valutöiden hukan aiheuttama hinta lisää massiivivalurakenteen hintaa.

Massiivivalurakenteilla päästään kuitenkin hieman ohuempisiin ratkaisuihin kuin ontelolaattavälipohjilla. Rakenteen paksuuden vaikuttaessa julkisivun pinta-alaan saadaan välillisillä kustannuksilla laskettuna eroa rakenteiden hintoihin.

Patterilämmitteisille ratkaisuille välipohjien paksuudeksi saatiin 345 mm (Ontelolaattarakenne) ja 270 mm (massiivivalurakenne). Eroa on siis $(345 - 270) \text{ mm} = 75 \text{ mm}$ jokaista julkisivujuoksumetriä kohden. Paksuutena tämä ei ole paljoa, mutta kun se huomioimaan kohdekohtaisesti julkisivun juoksumetriä kohden, saattaa euromääräinen ero olla huomattava. Jos esim. 6-kerroksisen rakennuksen ulkomitat olisivat $25 \text{ m} * 50 \text{ m}$, saadaan yhden kerroksen juoksumetreiksi 150 m . Kun tämä kerrotaan viiden välipohjan määrällä, saadaan juoksumetreiksi $5 * 150 \text{ m} = 750 \text{ m}$. Julkisivun lisäpinta-alana tämä tarkoittaa $750 \text{ m} * 0,075 \text{ m} = 56,25 \text{ m}^2$. Talonrakennuksen kustannustieto 2011-kirjan (Haahtela & Kiiras 2011, 227.) mukaan Jyväskylän alueella julkisivujen neliöhinnat vaihtelevat n. 110 eurosta aina 175 euroon saakka. Keskihintana voidaan pitää tässä vertailussa $(175 + 110)/2 \text{ €/m}^2 = 142,5 \text{ €/m}^2$. Esimerkkiratkaisussa tämä tarkoittaisi jo $56,25 \text{ m}^2 * 142,5 \text{ €/m}^2 = 8\,015 \text{ €}$. Tätä välipohjarakenteen erolle laskettuna lisäkustannuksia tulisi $8\,015 \text{ €} / (5 * 25 * 50) \text{ m}^2 = 1,28 \text{ €/m}^2$. Julkisivun juoksumetriä kohde ero olisi $0,075 \text{ m} * 142,5 \text{ €/m}^2 = 10,68 \text{ €/m}$.

Lattialämmitteisille ratkaisuille paksuudeksi saatiin 395 mm (ontelolaattarakenne) ja 370 mm (massiivivalurakenne). Erona tämä tekee jokaista julkisivujuoksumetriä kohden $(0,395 - 0,370) \text{ m} = 0,025 \text{ m}$. Euromääräisenä erona tämä vastaa $0,025 \text{ m} * 142,5 \text{ €/m}^2 = 3,56 \text{ €/m}$ ja välipohjaneliötä kohden laskettuna esimerkkitapausta käyttäen $0,43 \text{ €/m}^2$. Erot ovat siis huomattavasti pienempiä kuin patterilämmitteisillä ratkaisuilla.

Patteri- ja lattialämmitysjärjestelmän hintaerot vaikuttavat myös paljon lämmitysjärjestelmän valintaan. Talonrakennuksen kustannustieto 2011-kirjan (Haahtela & Kiiras 2011, 265-266.) mukaan Jyväskylän alueella patterilämmitysjärjestelmä asuinkerrostaloihin maksaa n. 14 €/m^2 . Hinta sisältää pattereiden (n. 6 €/m^2) ja lämpöjohtojen (n. 8 €/m^2) osuudet. Vastaaviin kohteisiin lattialämmitysjärjestelmän hinnaksi on määritelty 26 €/m^2 , kun lämmitettävää alaa on yli 500 neliötä. Hintaeroksi ratkaisuille tulee 12 €/m^2 patterilämmitysjärjestelmän hyväksi.

Pintabetonoinnin hinta saatiin Talonrakennuksen kustannustieto 2011-kirjasta. (Haah-tela & Kiiras 2011, 250.) Jyväskylän talousalueella hinnaksi annettiin 80 millin vah-vuiselle pintabetonoinnille raudoituksineen 24 €/m²

6.4 Työsuoritteen vaikutus välipohjarakenteen hintaan

Rakenteen hintaa mietittäessä on myös hyvä hieman tarkastella siihen kuluvan työsuo-ritteiden hintaa. Ontelolaattarakenteen työmenekki on huomattavasti pienempi kuin massiivivalurakenteen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että työntekijöille maksettava korvaus neliötä kohden on suurempi massiivivalurakenteelle kuin ontelolaattaraken-teelle. Lisäksi ontelolaattatyössä raudoituksesta maksettava korvaus jää pienemmäksi kuin massiivivalurakenteissa.

Työaikamenekkien perusteella eroksi hitaimman ontelolaattaratkaisun ja nopeimman massiivivalun välille $(1,26 - 0,41) \text{ tth/m}^2 = 0,85 \text{ tth/m}^2$. Rakennusalan yleisen keski-tuntiansion 18,10 €/h (Mölsä 2012, 16.) mukaan tämä tekee $0,85 \text{ tth/m}^2 * 18,10 \text{ €/h} = 15,4 \text{ €/tt/m}^2$. Kolmen työmiehen ryhmälle jaettuna tänä tekisi $15,4 \text{ €/tt/m}^2 / 3 \text{ tt} = 5,13 \text{ €/m}^2$.

Raudoitustyölle lasketun työaikamenekkien perusteella ero ontelolaattaraudoitustyön eroksi tuli $(0,5 - 0,03) \text{ tth/m}^2 = 0,47 \text{ tth/m}^2$. Rakennusalan keskituntiansion (Mölsä 2012, 16.) mukaan tämä tekee $0,47 \text{ tth/m}^2 * 18,10 \text{ €/h} = 8,5 \text{ €/tt/m}^2$. Kahdella raudoittajalla lisähinta olisi $8,5 \text{ €/tt/m}^2 / 2 \text{ tt} = 4,25 \text{ €/m}^2$.

Välipohjarakenteiden hintaeroon vaikuttaa myös nostokaluston ja betonipumppausau-tojen käyttö. Pumppauskalusto ei tietenkään ole työmaalla koko välipohjatyön ajan, vaan hintaan täytyy huomioida vain betonitöihin käytettävä aika.

Paikallavalukohteissa betonoinnin työaikamenekki oli 0,205 tth/m². HB-Betoniteolli-suus Oy laskuttaa pumppauskalustosta perusmaksun (sis. 30 min työtä) ja työajan vii-den minuutin jaksoissa. (HB Valmisbetonihinnasto 2012, 13.) Tunnin hinnaksi tulee

$(115,65 + 5 * 10,96) \text{ €} = 170,45 \text{ €}$. Jotta laskelma~~st~~ saataisiin hieman realistisempi, lasketaan yhdeltä työpäivältä tuleva tuntihinta, näin perusmaksu saadaan jaettua tasaisesti tunnin työlle. Työpäivältä auton hinnaksi tulee $(115,65 + 90 * 10,96) \text{ €} = 1\,102 \text{ €}$. Työtunnille jää hintaa siis $1\,102 \text{ €} / 8 \text{ h} = 137,75 \text{ €/h}$. Kun tämä kerrotaan betonityön työaikamenekillä saadaan neliötä kohden hinnaksi $137,75 \text{ €/h} * 0,205 \text{ tth/m}^2 = 28 \text{ €*tt/m}^2$. Kolmen työmiehen ryhmälle jaettuna tämä tekisi $28 \text{ €*tt/m}^2 / 3 \text{ tt} = 9,33 \text{ €/m}^2$.

Nostokaluston vaikutus neliöhintana on arvioitu Talonrakennuksen kustannustieto 2011-kirjan (Haahtela & Kiiras 2011, 320.) mukaisesti 23 €/m^2 , kun työn määrä on n. 2000 m^2 ja nostoaika 3-4 kuukautta.

Seuraavan sivun taulukkoon 8 on koottu työssä tutkituille välipohjarakenteille hintatietoja vertailtujen arvojen perusteella. Laskelmissa on huomioitu patteri- ja lattialämmitteisten rakenteiden eroja työmenekkien ja materiaalien kannalta. Taulukosta huomataan helposti valmisbetonin hinnan vaikutus ja lattialämmitteisille rakenteille vaaditun pintabetonoinnin kalleus. Töiden hinnat ovat laskettu työmenekkien perusteella, materiaalihinnat työssä esitetyin arvoin ja Talonrakennuksen kustannustieto 2011-kirjan (Haahtela & Kiiras 2011) perusteella.

TAULUKKO 8. Välipohjien kustannusarvioita

Patterilämmitteinen rakennus		Massiivivalurakenne		Ontelolaattarakenne	
Materiaali		27,00	€/m ²	54,00	€/m ²
Tasoite/Pintabet.		15,00	€/m ²	24,00	€/m ²
Työn hinta Yläjakoisella putkituksella	Leym.	9,59	€/m ²	0,81	€/m ²
	Kasettim.	8,07	€/m ²		
	Pöytäm.	6,48	€/m ²		
Työn hinta alajakoisella putkituksella	Leym.	10,68	€/m ²	1,17	€/m ²
	Kasettim.	9,16	€/m ²		
	Pöytäm.	7,57	€/m ²		
Raudoitustyö		4,53	€/m ²	0,27	€/m ²
Pumppauskalusto		9,33	€/m ²		
Nosturikalusto				23,00	€/m ²
Yhteensä				101,81	€/m ²
Yläjakoisella putkituksella	Leym.	65,45	€/m ²		
	Kasettim.	63,93	€/m ²		
	Pöytäm.	62,33	€/m ²		
Yhteensä alajakoisella putkituksella	Leym.	66,53	€/m ²	102,17	
	Kasettim.	65,01	€/m ²		
	Pöytäm.	63,42	€/m ²		
Julkisivun lisäkustannus				10,56	€/jm

Lämmitysjärjestelmän kanssa **76,33** **€/m²** **115,81** **€/m²**
halvin vaihtoehto

Lattialämmitteinen rakennus		Massiivivalurakenne		Ontelolaattarakenne	
Materiaali		27,00	€/m ²	54,00	€/m ²
Eriste XPS 300 50 mm		5,00	€/m ²	5,00	€/m ²
Pintabetonointi		24,00	€/m ²	24,00	€/m ²
Työn hinta	Leym.	11,26	€/m ²		
	Kasettim.	9,74	€/m ²		
	Pöytäm.	8,15	€/m ²		
Raudituslisä		4,53	€/m ²	0,27	€/m ²
Pumppauskalusto		9,33	€/m ²		
Nosturikalusto				23,00	€/m ²
Yhteensä				106,27	€/m ²
Yläjakoisella putkituksella	Leym.	81,11	€/m ²		
	Kasettim.	79,59	€/m ²		
	Pöytäm.	78,00	€/m ²		
Julkisivun lisäkustannus				10,56	€/jm

Lämmitysjärjestelmän kanssa **104,00** **€/m²** **132,27** **€/m²**
halvin vaihtoehto

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakentamista Suomessa säätelee hyvin paljon erilaiset säädökset, määräykset ja ohjeet. Kun työssä aluksi perehdyttiin määräysten kautta välipohjarakenteisiin, tuntui että kantavuuden merkitys välipohjassa on lähes olematon. Pelkästään ääneneristävyyden raja-arvojen täyttymiseksi rakenteesta tulee tehdä ääneneristävyyttä käsittelevän kirjallisuuden ja lähteiden perusteella hurjan paksu.

Työssä huomioon otettujen seikkojen perusteella massiivirakenteinen välipohja olisi hieman suosiollisempi vaihtoehto rakennusliikkeen kannalta toteuttaa asuinhuoneistojen välisiä välipohjia. Materiaalihinnat ja muut havaitut seikat puoltavat valintaa. Todellisuudessa välipohjien toteutustapaa ohjaa varmasti paljon hyväksi havaitut työmenetelmät ja ratkaisut, joita on totuttu käyttämään. Lisäksi valintaan vaikuttaa rakennusliikkeen kokemus elementtirakentamisesta ja mahdollisesti itselle hankittu muottikalusto. Varsinkin ns. omiin kohteisiin halutaan varmasti hyödyntää jo hankittua kalustoa, jos vaihtoehtona on sen pitäminen varastossa pölyyntymässä. Rakenteiden kuivuminen ja mahdollinen runkoajan piteneminen puoltavat valintaan ontelolaattaratkaisuiden hyväksi. Näin ollen valinta tulee tarkasti miettiä jo kohdetta suunniteltaessa ja painottaa kohteen vaatimia erityspiirteitä ja mahdollisia asiakkaiden toiveita.

Rakennusalan koveneva kilpailu kuitenkin kannustaa ja pakottaa rakennusliikkeitä oman mukavuusalueensa ulkopuolelle ja oppimaan ja hyväksymään uusia työtekniikoita ja valmistusmenetelmiä. Tuskin kukaan haluaa jättäytyä sopivasta rakennusurakan tarjouskilpailusta ulkopuolelle vain, koska joutuu rakentamaan tilaajan ehdoilla.

Taulukon 8 (kts. edellinen sivu) avulla voidaan helposti vertailla rakenteiden hintoja. Laskelmat ovat tietysti vain suuntaa antavia ja kohdekohtaisesti laskelmista saataisiin ehkä hieman tarkempia. Halvimman massiivivaluvaihtoehdon ja ontelolaattarakenteen hintaeroksi muodostui molemmissa tapauksissa n. 30 €/m². Lattialämmitteinen välipohja oli molemmissa vaihtoehdoissa kalliimpi kuin patterilämmitteinen ratkaisu. Kun tähän huomioidaan vielä julkisivutöiden lisäkustannukset voidaan todeta, että massiivivalurakenteet ovat halvempia mutta hitaampia toteuttaa kuin ontelolaattarakenteet.

LÄHTEET

Haahtela, Y. & Kiiras, J. 2011. Talonrakennuksen kustannustieto 2011. Tampere: Tammerprint Oy.

HB-Betonihinnasto. 2012. Jyväskylä: HB-Betoniteollisuus Oy. Viitattu 2.3.2012.
http://www.hb.fi/hb/media/hb_betoni/esitteet_fi/hinnastot/hb_valmisbetonihinnasto_2012/?_EVIA_MEDIA_PATH_DOWNLOAD.

Honkavuori, R. & Lampinen, L. 2005. Betonitekniikan oppikirja 2004 by 201. Viides, uudistettu painos. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Katainen, V. 2010. Pientalon talvirakentaminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Teknologia, Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 2.11.2011.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13758/Katainen_Ville.pdf?sequence=1.

Kylliäinen, M. 2011. Kivitalojen ääneneristys. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

Mölsä, S. 2012. Rakentamisen hintojen nousu hidastunut. Rakennuslehti 9.2.2012, 16.

Palomäki, J., Mäki, T. & Koskenvesi A. 2010. Rakennustöiden menekit 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

Pitkänen, R. 2006. Betonilattiarakenteiden päällystämisohje. Luonnos 8.9.2006. Betonitekniikan sovellukset-kurssimateriaali.

RakMk osa C1. 1998. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö.

RakMk osa E1. 2011. Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö.

RaTu 07-3031. 1995. Lankalämmityksen suunnitteluohje. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

RaTu 07-3032. 1996. Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

RaTu 21-0270. 2005. Levymuottityö. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

RaTu 21-0271. 2005. Kasetti- ja kupumuottityö. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

RaTu 25-0278. 2004. Ontelo- ja TT-laattaelementtityö. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

RaTu C8-0377. 2010. Talvityöt- ja kustannukset. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

Rossi, S. 2011. VRP Rakennuspalvelut Oy. Harjoitteluraportti. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Teknologia, Rakennustekniikan koulutusohjelma.

RT 52-10797. 2003. Vesikiertoinen patterilämmitys. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

RT 52-10801. 2003. Vesikiertoinen lattialämmitys. Helsinki: Rakennustieto Oy, Viitattu 2.11.2011. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), JaNet-haku, RT-Net.

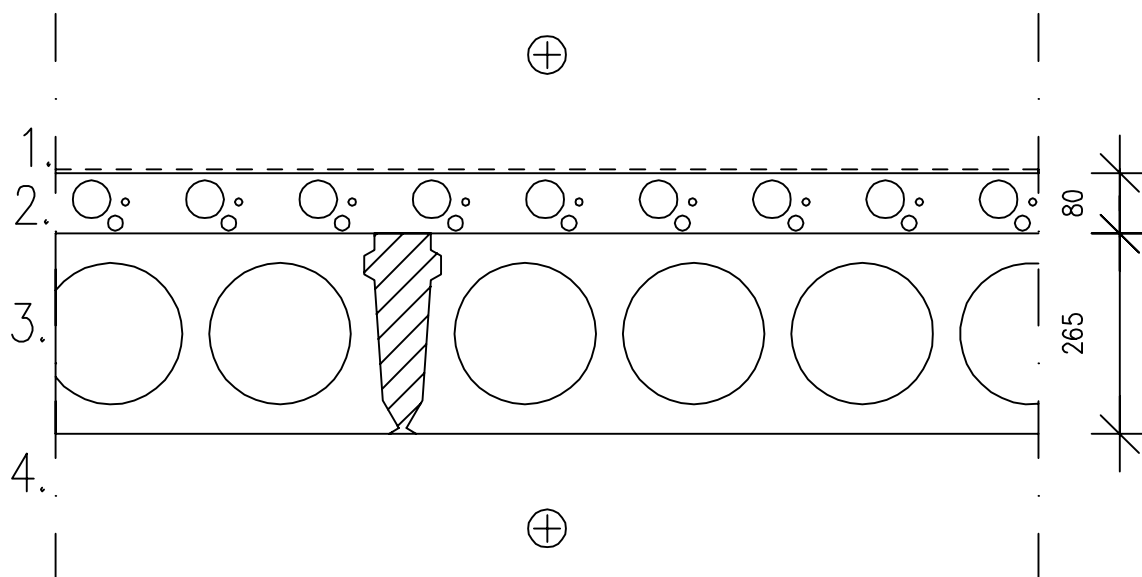
Seppänen, O. & Seppänen, M. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Toinen korjattu painos. Helsinki: Sisäilmayhdistys r.y.

SFS 5907. 2004. Rakennusten akustinen luokittelu. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS. Viitattu 11.1.2012. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

Vna 578/2003. 2003. Valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö, Viitattu 2.2.2012. [Http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030578](http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2003/20030578).

Äänitekniset rakennekortit. 2002. Helsinki: Betoniyhdistys r.y., Viitattu 2.11.2011. http://www.betoniyhdistys.fi/default/?_EVIA_WYSIWYG_FILE=328&name=file.

Rakennuskohde	Opinnäytetyö	Sisältö	Liite 1: Välipohja VP1
Suunnittelija	Sampo Rossi	Ontelolaattaratkaisu	patterilämmitteiselle talolle



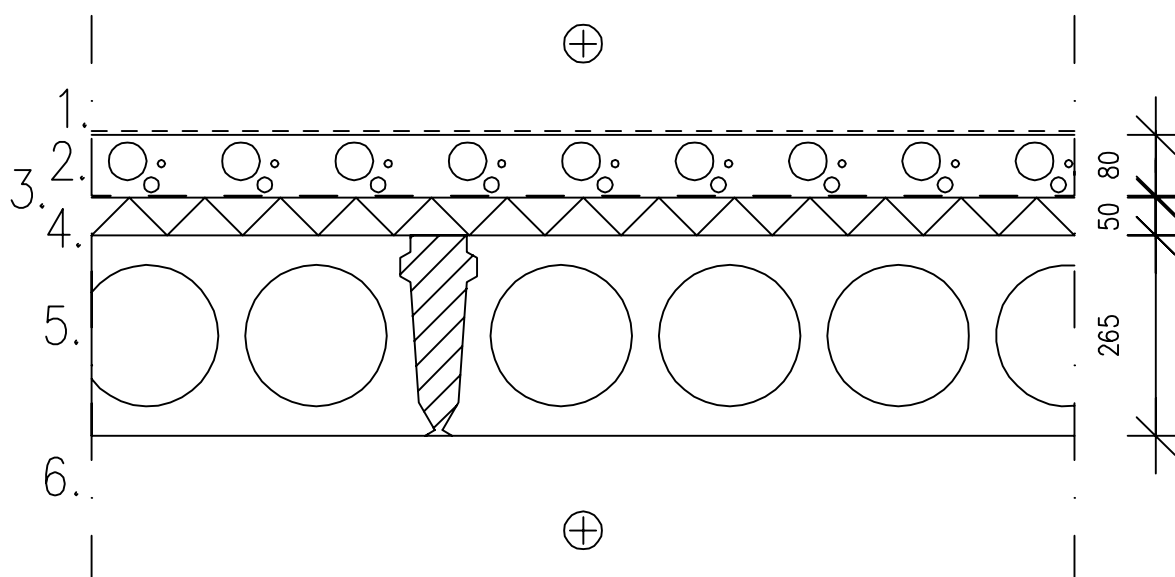
Rakennekerrokset ylhäältä alaspäin:

1. Pinnoite huoneselityksen mukaan
2. Pintabetonointi 80 mm
3. Ontelolaatta O27 265 mm
4. Pinnoite huoneselityksen mukaan

Samankaltaisille rakenteille on mitattu askeläänieristävyyssluvuksi 48–51 dB ja ilmaääneneristävyydeksi yli 55 dB.
(Vrt. BY Äänitekniset rakennekortit, VP03).

Ääneneristävyyteen vaikuttaa käytetyt pinnoitemateriaalit ja saumausten pitävyys.

Rakennuskohde	Opinnäytetyö	Sisältö	Liite 2: Välipohja VP2
Suunnittelija	Sampo Rossi	Ontelolaattaratkaisu	lattialämmitteiselle talolle



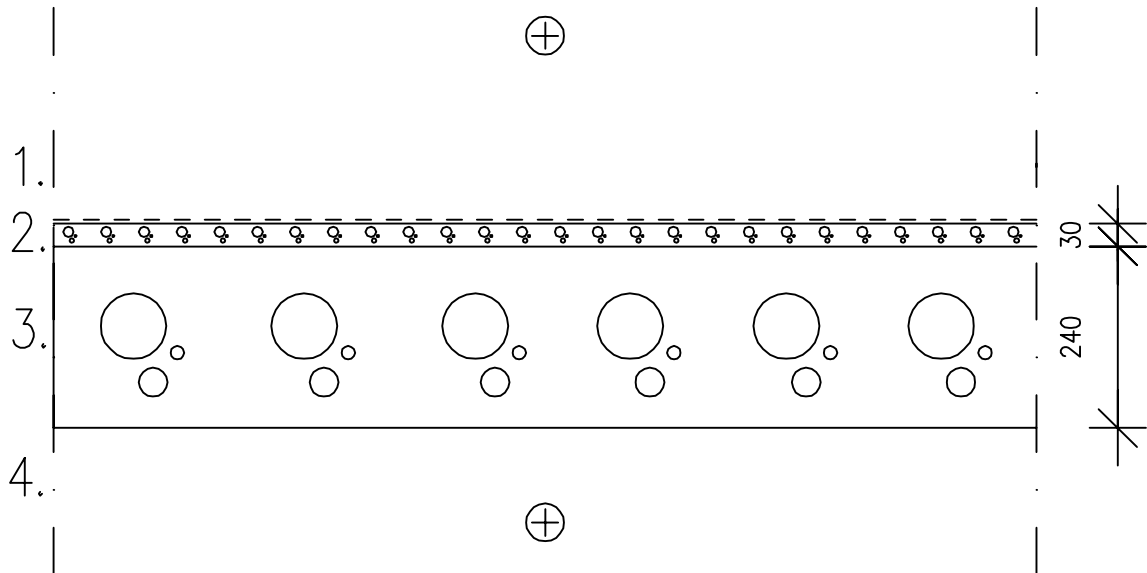
Rakennekerrokset ylhäältä alaspäin:

1. Pinnoite huoneselityksen mukaan
2. Pintabetonointi 80 mm + lattialämmityspotkisto
3. Suodatinkangas
4. Eistekerros 50 mm
5. Ontelolaatta O27 265 mm
6. Pinnoite huoneselityksen mukaan

Samankaltaisille rakenteille on mitattu askeläänieristävyyksiluksi 39–49 dB ja ilmaääneneristävyydeksi yli 60 dB.
(Vrt. BY Äänitekniset rakennekortit, VP04).

Ääneneristävyyteen vaikuttaa käytetyt pinnoitemateriaalit ja saumausten pitävyys.

Rakennuskohde	Opinnäytetyö	Sisältö	Liite 3: Välipohja VP3
Suunnittelija	Sampo Rossi	Massiivilaattaratkaisu patterilämmitteiselle talolle	



Rakennekerrokset ylhäältä alaspäin:

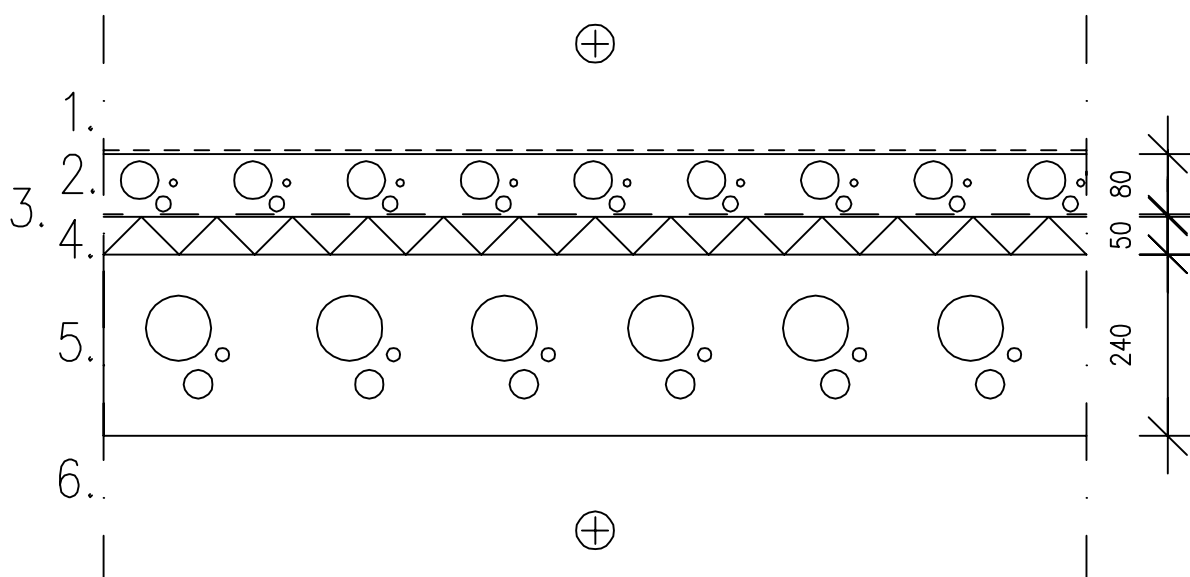
1. Pinnoite huoneselityksen mukaan
2. Tasoite 30 mm
3. Teräsbetonilaatta 240mm
4. Pinnoite huoneselityksen mukaan

Samankaltaisille rakenteille on mitattu askeläänieristävyydeksi 49–51 dB ja ilmaääneneristävyydeksi yli 58 dB teräsbetonilaatan paksuuden ollessa 240 mm.

(Vrt. BY Äänitekniset rakennekortit, VP10).

Ääneneristävyyteen vaikuttaa käytetyt pinnoitemateriaalit ja rakenteen tiiveys.

Rakennuskohde	Opinnäytetyö	Sisältö	Liite 4: Välipohja VP4
Suunnittelija	Sampo Rossi	Massiivilaattaratkaisu	lattia lämmitteiselle talolle



Rakennekerrokset ylhäältä alaspäin:

1. Pinnoite huoneselityksen mukaan
2. Pintabetonointi 80 mm + lattialämmitysputkisto
3. Suodatinkangas
4. Eristekerros 50 mm
5. Teräsbetonilaatta 240 mm
6. Pinnoite huoneselityksen mukaan

Samankaltaisille rakenteille on mitattu askeläänieristävyyksiksi 39–46 dB ja ilmaääneneristävyydeksi yli 60 dB teräsbetonilaatan paksuuden ollessa vähintään 240 mm.
(Vrt. BY Äänitekniset rakennekortit, VP11).

Ääneneristävyyteen vaikuttaa käytetyt pinnoitemateriaalit ja rakenteen tiiveys.